Jb. Nass. Ver. Naturk. **118** S. 5–90 13 Abb. 2 Tab. Wiesbaden 1997

# Die Mineralisationen der Wiesbadener Thermalquellen (Bl. 5915 Wiesbaden)

THOMAS KIRNBAUER

Kurzfassung: Untersucht wurden Mineralisationen, die oberflächennah von den bis > 70° C heißen Wiesbadener Mineralquellen (NaCl-Thermen) abgeschieden wurden. Zur Auswertung gelangten eigene Beobachtungen in temporären Aufschlüssen, an Sammlungsmaterial (darunter der Mineraliensammlung von J. W. v. GOETHE) und Bohrkernen, bislang nicht veröffentlichte Schichtenbeschreibungen von Bohrungen und Mitteilungen in der geowissenschaftlichen, balneologischen und archäologischen Speziallitetatur.

Arsenhaltiges $FeS_2$ (Pyrit, Markasit, ?Melnikovit-Pyrit) tritt in feinkristallinen Krusten, traubig-stalaktitischen Bildungen und in Kristallen auf Kluftflächen auf. Aus der Nähe der Aufstiegswege des Thermalwassers sind Imprägnationen in rhyolithischen bis rhyodacitischen Metavulkaniten (Sericitgneisen) des Ordoviz bis Silur bekannt, die in einem Fall zu einer bergrechtlichen Verleihung geführt haben. Rezente bis subrezente Zersetzung führte zur Bildung von Melanterit (in dm-mächtigen Massen) und Gips. Auf kieselsäureübersättigte Lösungen sind gelförmig abgeschiedene traubig-nierige Krusten und Aggregate von Opal und Hyalith (Menilit bzw. Leberopal) zurückzuführen. Lösungsundurchlässige Gesteine im Liegenden (Schluffsteine, Metavulkanite) sind die Ursache dafür, daß die $SiO_2$-Bildungen bevorzugt an der Basis von tertiären Sandstein-Horizonten auftreten. Häufig sind bis dm-mächtige Massen von jaspisähnlichem, oft blutrotem Hornstein. Selten kam es zur Bildung winziger Quarzkristalle. Der meist jüngere Baryt tritt als Kluftfüllung in den Metavulkaniten und in tertiären Sedimenten auf. Maximale Mächtigkeiten sind 6 cm. Verbreitet sind gut ausgebildete Kristalle bis zu mehreren cm Größe. In Sandsteinen kam es zur Bildung von Barytkonkretionen. Die als Thermalquellen-Paragenese bezeichnete Assoziation von $FeS_2$, Baryt und $SiO_2$-Bildungen fehlt sowohl in vordevonischen Phylliten wie auch in quartären Sedimenten. Z. T. eisenhaltige karbonatische Sinter (Calcit, Aragonit, ?Dolomit) und arsenführende Verockerungen treten sehr nahe der Tagesoberfläche in quartären Sedimenten und auf Klüften im Sericitgneis auf.

Durch die Höhenlage (über/unter dem heutigen Thermalquellenspiegel) und die relative Lage (in bezug auf die heutigen Austrittsorte) können rezente und fossile Mineralisationen unterschieden werden. Der Höchststand des fossilen Quellenspiegels lag bei mindestens 170 m über NN (rezenter Quellenspiegel: ca. 120 m über NN). Praktische Konsequenzen ergeben sich dadurch für die erhöhten geogenen Arsengehalte der quartären Sedimente.

Breccien aus Nebengesteinsklasten, die durch palisadenartig gewachsenen Markasit verkittet werden, können auf phreatische Explosionen zurückgeführt werden (phreatische bzw. hydrothermale Breccien). Ursache der episodischen katastrophenartigen Ereignisse waren Versinterungen der Aufstiegswege durch Selbstversiege-

lung (durch $SiO_2$, $FeS_2$ und karbonatischen Sinter). Die Raumlagen der Mineralisationen (überwiegend steile NNW–SSE-, untergeordnet ENE–WSW-Klüfte) sprechen für einen Thermalwasseraufstieg in einem orthogonalen Kluftsystem dieser Richtungen. Die bisherige Auffassung ging von einer „Thermalspalte“ in NNE–SSW-Richtung aus. Eindeutige Rückschlüsse auf das Alter der Thermalquellen erlaubt die Untersuchung der Mineralisationen nicht. Wahrscheinlich ist ein pleistozänes bis jungtertiäres Alter.

Die physikalisch-chemischen Bildungsbedingungen des Baryts werden diskutiert. Eine Bildung aus nur schwach übersättigten Lösungen kann nachgewiesen werden. Die exakten Bildungsbedingungen bleiben ungeklärt, da die Wässer an Ba untersättigt sind. Im Laufe der geologischen Geschichte der Thermen kann ein Umschwung von oxidativen Bildungen (ausschließliche Bildung von $BaSO_4$ und $SiO_2$ in Höhenlagen > 120 m über NN) zu wechselnd oxidierend/reduzierenden Verhältnissen (Bildung von $BaSO_4$, $FeS_2$ und ?$SiO_2$ in Höhenlagen < 120 m über NN) festgestellt werden. Vergleichbare Mineralisationen sind weltweit bekannt. Weiterführende Untersuchungen werden vorgeschlagen.

**Inhalt**



## 1. Einführung

Bis zur Sanierung in den 50er und 60er Jahren dieses Jahrhunderts schieden die Wiesbadener Thermalquellen oberflächennah einen überwiegend karbonatischen Quellensinter ab. Seine Bildung beschränkt sich heute im we-

sentlichen auf alte Rohrleitungen und die Brunnenschale am Kranzplatz. Er erlangte bereits vor ca. 2000 Jahren als Exportgut eine gewisse Bekanntheit (s. u.). Weniger bekannt, obgleich in der zu Unrecht in Vergessenheit geratenen älteren Literatur bereits mehrfach beschrieben, sind sulfatische und sulfidische Abscheidungen der Wiesbadener Thermalquellen. So liegen mindestens seit 1781 Berichte über Funde von Schwefelkies und seit 1847 über das Auftreten von Schwerspat aus dem Bereich der heutigen Wiesbadener Innenstadt vor (HABEL in KLIPSTEIN 1781: 145; F. SANDBERGER 1847: 54). Bereits HABEL führte den Schwefelkies auf die Thermalquellen zurück. Vor allem DELKESKAMP (u.a. 1900, 1902, 1904, 1908/09, 1909) hat sich in mehreren Veröffentlichungen für eine Abscheidung des Baryts aus den Mineralquellen ausgesprochen. Er stützte sich in seiner Argumentation auf den Ba-Gehalt des Wiesbadener Thermalwassers und des karbonatischen Sinters. In den 60er Jahren dieses Jahrhunderts konnten die Vermutungen belegt werden. So wurden bei Bauarbeiten in nordöstlicher Verlängerung der Wiesbadener „Thermalquellenspalte“, außerhalb der heutigen Austrittsstellen der Quellen, klaffende Spalten entdeckt, die mit Barytkristallen ausgekleidet waren (MICHELS 1964). Thermalwasserbohrungen im Jahre 1966 schließlich wiesen Schwerspat und Pyrit in Thermalwasserspalten beim Kochbrunnen nach (MICHELS 1966). Viele Indizien sprechen dafür, daß Schwefelkies und Schwerspat in statu nascendi angetroffen worden waren, so daß kurzfristig Einblick in ein rezentes Hydrothermalsystem genommen werden konnte. Die Mineralisation war in einer Teufe von nur wenigen Zehnermetern erbohrt worden; an den Wänden der Spalten, die von bis zu 68° C heißem Thermalwasser durchströmt wurden, hatten sich Pyrit und Baryt (in bis zu cm-großen Kristallen) abgesetzt. – Bereits DOROW (1819: 63–64) hatte – nach Notizen des Stadtbaumeisters WEBER aus dem 18. Jahrhundert – auf karbonatischen Quellensinter in der Wiesbadener Innenstadt aufmerksam gemacht, der **oberhalb** des heutigen Austrittsniveaus der Quellen entdeckt worden war. Die fossilen Sinter belegen, daß die Wiesbadener Thermalquellen in der geologischen Vergangenheit in einem höheren Niveau als heute ausgetreten sind. In der Folgezeit sind, u. a. durch mehrere Mitteilungen des ehemaligen Konservators v. COHAUSEN, fossile Quellenabsätze (meist Verockerungen) von zahlreichen Stellen im Stadtgebiet bekanntgemacht worden.

Eine zusammenfassende Darstellung der Mineralisationen im Bereich der Wiesbadener Thermalquellen fehlte bislang. Die vorliegende Arbeit versucht deshalb, die bisher gemachten Beobachtungen an Form, Inhalt, Verbreitung und Höhenlage der auf die Quellen zurückzuführenden Mineralisationen zusammenzufassen. Zudem sind zahlreiche im Zusammenhang mit den Thermalquellen stehende Fragen bislang unbeantwortet oder nicht modern bearbeitet worden. Sie betreffen u. a. die Ausbildung der Aufstiegswe-

ge des Thermalwassers und deren bevorzugte Richtungen, ehemalige Austrittsstellen und deren Höhenlagen sowie das Alter der Quellen. Die Kenntnis der auf die Quellen zurückzuführenden hydrothermalen Bildungen kann dazu beitragen, Antworten auf manche dieser Fragen zu finden, und vielleicht ergibt sich aus der vorliegenden mineralogischen Betrachtung der Wiesbadener Thermen der eine oder andere neue Gesichtspunkt für den Hydrogeologen oder angewandt arbeitenden Geologen, der sich unter ganz anderen Voraussetzungen mit den Thermalwässern beschäftigt.

Zur Auswertung kamen eigene Beobachtungen (in temporären Aufschlüssen und an Material in öffentlichen und privaten Mineraliensammlungen), Berechtsamsakten des Hessischen Oberbergamtes (Wiesbaden) sowie Schichtenbeschreibungen von Bohrungen. Besonderer Wert wurde auf eine möglichst lückenlose Erfassung der weit verstreuten Literaturangaben gelegt. Interessierende Mitteilungen finden sich nicht nur in der geowissenschaftlichen Fachliteratur, sondern häufig auch in Arbeiten anderer Disziplinen. Hierzu zählen balneologische und geographische Werke vergangener Jahrhunderte ebenso wie die archäologische Spezialliteratur, auf die erst kürzlich Czysz (1994, 1995) hingewiesen hat.

Zahlreiche Personen und Institutionen haben diese Arbeit tatkräftig unterstützt. Ganz besonders danke ich Dr. Hans Tangermann † (Wiesbaden), der mir nicht nur sein durch jahrelange Beschäftigung mit den Wiesbadener Thermalquellen erworbenes Wissen, sondern auch Proben und Kartenmaterial zur Verfügung stellte. Dipl.-Geol. Hans-Jürgen Anderle (Wiesbaden-Naurod) verdanke ich Auszüge aus seinen Geländebüchern und die Möglichkeit, Proben zu untersuchen. Frau Jutta von Dziegielewski opferte ihre Freizeit, um alle Zeichnungen dieser Arbeit zu gestalten.

Herr Walter Czysz (Wiesbaden), Frau Monika Freiling (Wiesbaden), Dipl.-Geol. Hans-Jörg Freiling (Wiesbaden), Herr Klaus Kopp (Wiesbaden), Dr. Witigo Stengel-Rutkowski (Wiesbaden), Herr Günter Sterrmann (Oberursel) und Dr. Roland Strauß (Darmstadt) leisteten Hilfe bei der Lokalisierung alter Fundpunkte bzw. stellten mir Daten und Unterlagen zur Verfügung. Dipl.-Min. Bernd Skerstupp (Min. Inst., Univ. Frankfurt a. M.) besorgte mir aktuelle Literatur und war mir ein geduldiger Diskussionspartner für geochemische Fragestellungen. Das Hessische Oberbergamt (Wiesbaden) erlaubte mir die Einsicht in die Berechtsamsakte der Verleihung „Sulphur"; das Städtische Tiefbauamt gab die Erlaubnis, aus Bohrbeschreibungen zitieren zu dürfen und stellte mir – mit Erlaubnis der Kurbetriebe der Landeshauptstadt Wiesbaden – aktuelle Mineralwasseranalysen zur Verfügung. Hierfür danke ich den Herren Boos, Dörr und Liepecki. Das Hess. Landesamt f. Bodenforsch. (Wiesbaden) gestattete Einsicht in das Bohrarchiv. Dr. Michael Geisthardt und Herr Erhard Zenker (Museum Wiesbaden) erlaubten mir die Benutzung der mineralogischen Sammlung und standen mit Auskünften zur Verfügung. Frau Marie-Luise Kahler (Goethe-Nationalmuseum, Weimar) danke ich für ihr Entgegenkommen und ihre Hilfsbereitschaft, einzelne Mineralstufen aus der geowissenschaftlichen Sammlung von J. W. v. Goethe untersuchen zu können. Die Fotos fertigten Dr. Herbert Kirnbauer (Friedrichsdorf) und Herr Peter Kohorst (Wiesbaden) an. Allen sei ganz herzlich gedankt!

## 2. Geologische und hydrogeologische Übersicht

Für die Landeshauptstadt Wiesbaden liegt eine in weiten Teilen veraltete und aktuellen Anforderungen nicht mehr genügende geologische Spezialkartierung vor (LEPPLA & STEUER 1922), so daß die geologischen Verhältnisse hier nur grob skizziert werden können (Abb. 1).

Wiesbaden liegt in geologischer Hinsicht auf der Grenze zwischen Rheinischem Schiefergebirge und nördlichem Oberrheingraben bzw. Mainzer Becken. Die paläozoischen Gesteine im eigentlichen Stadtkern (zwischen Rheinstraße, Schwalbacher Straße, Röderstraße, Taunusstraße und Wilhelmstraße) gehören zwei tektonischen Schuppen der Vordertaunus-Einheit (auch als Nördliche Phyllit-Zone bezeichnet) an. Die nordwestliche Schuppe wird aus rhyolithischen bis rhyodacitischen Metavulkaniten (Sericitgneisen) aufgebaut, in die geringmächtige Metasedimente (Phyllite) eingeschaltet sind. Die Metavulkanite gehören dem Ordoviz bis Silur an (SOMMERMANN et al. 1992). Die südöstliche Schuppe besteht aus Phylliten, die wohl als streichende Fortsetzung des „Bierstadt-Phyllits" anzusehen sind, der erst kürzlich in das Untere Ordoviz eingestuft werden konnte (REITZ et al. 1995).

Die genaue Lage der Grenze zwischen den beiden Schuppeneinheiten ist unbekannt. Bohrungen in den letzten Jahre haben gezeigt, daß sie weiter im SE verläuft, als früher angenommen wurde. LEPPLA & STEUER (1922) vermuteten sie im Verlauf der Saalgasse. MICHELS (1966: Abb. 1) bezeichnete sie als „Hauptspaltensystem". Ihm zufolge soll es mit 55–60° Streichen die Wilhelmstraße zwischen Sonnenberger Straße und Brunnenkolonnaden queren. Vermutlich läuft die Grenze aber unter dem Kaiser-Friedrich-Platz, da der Sericitgneis durch eine Bohrung an dessen NE-Ecke nachgewiesen wurde und andererseits LEPPLA & STEUER (1923: 9) Phyllite am Kaiser-Friedrich-Platz „sicher" festgestellt haben. Die eigentliche Taunussüdrandstörung verläuft in Höhe der Wilhelmstraße noch weiter südöstlich und verspringt weiter im SW, noch im Bereich der Innenstadt, nach NW.

Von S greifen diskordant sandig-kiesige, z. T. tonige Sedimente des Tertiärs auf das Paläozoikum über. Sie bedecken Teile der Innenstadt, des Schulbergs (bis hin zur Saalgasse), des Leberbergs und des Geisbergs. MICHELS (1964) hatte sie als unterstes Miozän angesehen. Palynologische Untersuchungen und Neuaufnahmen in Bauaufschlüssen der letzten Jahre haben dies bestätigt und gezeigt, daß die Sedimente den *Corbicula*- und Hydrobienschichten des Mainzer Beckens entsprechen und damit im wesentlichen dem Unteren Miozän angehören (mdl. Mitt. Dr. E. KÜMMERLE, Eltville). KOCH (1880a) hatte sie als Äquivalent der oligozänen Meeressande des Mainzer

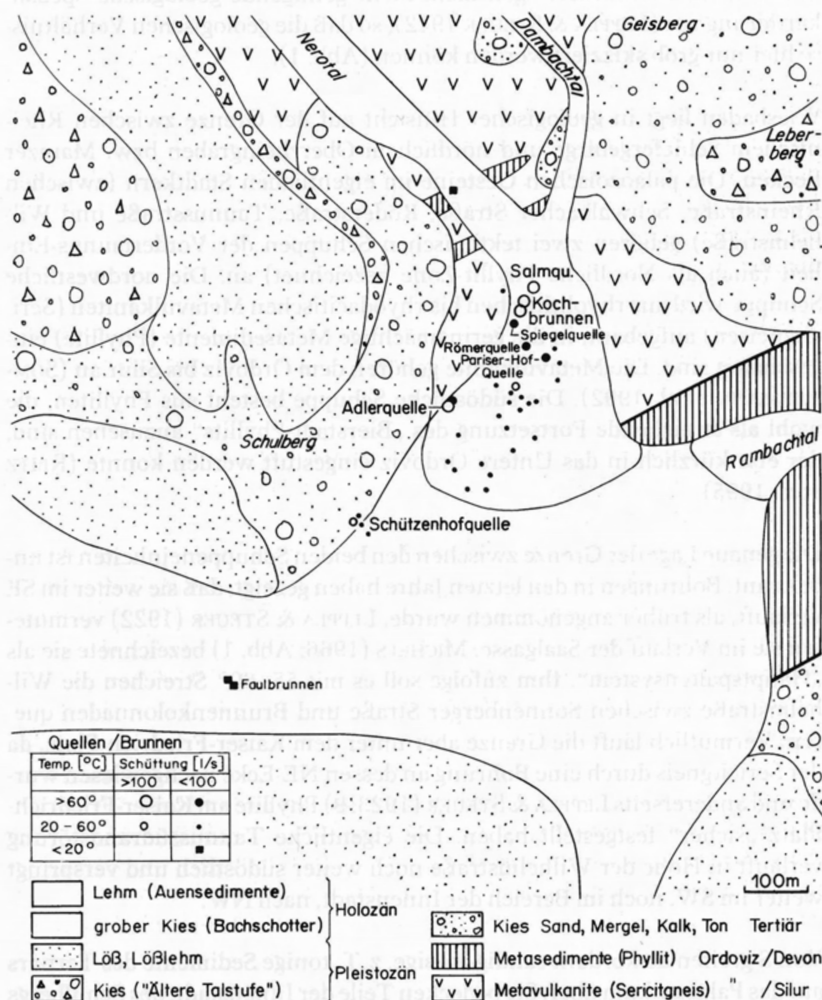



Abb. 1. Geologisches Übersichtskärtchen der Wiesbadener Innenstadt nach LEPPLA & STEUER (1922), KOCH (1880b) und geologischen Neuerkenntnissen mit der Lage rezenter und historischer Quellen und Brunnen.

Beckens angesehen („Meeres-Sand und Strandbildungen"); LEPPLA & STEUER (1922) hatten sie als Pliozän eingestuft und Hydrobienschichten lediglich am Fuß des Leberbergs kartiert.

Quartäre Ablagerungen bedecken in geringer Mächtigkeit an vielen Stellen den Untergrund. Zu ihnen zählen pleistozäne Kiese und Schotter mit Gesteinsmaterial aus dem Taunus, die am Leberberg und am Röderberg in einer Höhenlage von 170–180 m über NN auftreten. Im Nerotal (Taunusstraße) und im Dambachtal finden sich jung- bis nacheiszeitliche Bachkiese sowie holozäne lehmige Talablagerungen. Flache Abhänge können von Löß und Lößlehm bedeckt werden. Weite Teile des Innenstadtgebietes werden von bis zu mehreren Metern mächtigen Auffüllungen (Bau- und Kulturschutt) überdeckt.

Wiesbaden besitzt 27 gefaßte Mineralquellen und -brunnen. Zählt man inzwischen überbaute oder abgedeckte hinzu, vergrößert sich diese Zahl auf knapp 40 (Abb. 1).

Einige von ihnen, darunter die für den Kurbetrieb wichtigsten, zeichnen sich durch hohe Schüttungen, hohen Mineralgehalt, hohe Temperaturen (> 60° C) und artesische Druckverhältnisse aus. Sie werden als „Hauptquellen" (LEPPLA & STEUER 1923: 46; MICHELS 1966: 19) bzw. „Primärquellen" (MICHELS 1966: 19) bezeichnet. WINTER (1880: 17) nannte sie „Felsenquellen", weil jeweils nur wenige m unterhalb des Grundwasserspiegels Sericitgneis ansteht. Da aus dem unmittelbaren Umkreis der „Hauptquellen" weitere, unbedeutendere Quellen (sog. Satelliten) bekannt sind (heute z. T. verschüttet, versiegt oder überbaut), sprach MICHELS zutreffend von „Quellengruppen".

Wichtigste Quellengruppe ist das Gebiet um den Kochbrunnen mit der Salmquelle. Beide sind heute als Tiefbohrungen gefaßt. Im Gegensatz zu früheren Auffassungen möchte ich weitere, bislang als „Sekundärquellen" bezeichnete Quellaustritte im S, so die Römerquelle und Pariser-Hof-Quelle, hinzuzählen, da sie vergleichbar hohe Temperaturen und Mineralgehalte aufweisen.

Etwa 200–250 m südwestlich des Kochbrunnen-Areals liegt die zweite Quellengruppe mit Großer und Kleiner Adlerquelle. Weitere 250 m im SW befindet sich die Quellengruppe der Schützenhofquelle. Sie wird traditionellerweise zu den Hauptquellen gezählt, obwohl sich die Schützenhofquelle und ihre früheren Satelliten durch geringere Temperaturen (< 50° C) und geringere Mineralgehalte auszeichnen. Grund hierfür sind die hohen Schüttungsmengen und die artesischen Druckverhältnisse.

Die Mehrheit der Wiesbadener Quellen und Brunnen liegt südlich von Kochbrunnen und Adlerquelle. Diese zeichnen sich durch geringere Wasserschüttungen, meist geringere Temperaturen und teilweise geringeren Mineralgehalt aus. Sie werden deshalb als „Sekundärquellen" (erstmals bei KOCH 1880a: 64) angesehen, die ein thermales Mischwasser fördern, das sich aus dem in den Kiesen fließenden kalten, gering mineralisierten Grundwasser und dem aus den Thermalspalten im Sericitgneis austretenden hochmineralisierten Thermalwasser zusammensetzt. Frühere Bezeichnungen sind „Nebenquellen" (STIFFT 1831: 605; LEPPLA & STEUER 1923), „Kiesquellen" (WINTER 1880: 18; LEPPLA & STEUER 1923), „Lateral- oder Filialquellen" (THOMÄ 1843: 223).

Bereits KOCH (1880a: 64) hatte vermutet, daß auch im Areal der „Sekundärquellen" Thermalwässer an verschiedenen Stellen aus kleineren Spalten aus dem varistischen Grundgebirge austreten. Bauarbeiten der Nachkriegszeit in der Webergasse sowie bei der Neufassung der Drei-Lilien-Quelle haben die Vermutung bestätigt. So konnten MICHELS (1955: 113; 1966: 19, 34) und MICHELS & FRESENIUS (1958: 5) dort geringfügige und diffuse Thermalwasseraustritte aus „Spältchen" im Sericitgneis beobachten. Das Wasser der wegen Überbauungsmaßnahmen neu gefaßten Pariser-Hof-Quelle (jetzt ein Bohrbrunnen), etwa 80 m südöstlich der angenommenen „Quellenlinie" gelegen, schüttet mit über 70° C sogar das am höchsten temperierte Thermalwasser Wiesbadens (mdl. Mitt. Dr. H. TANGERMANN). Diese Quellen sehe ich deshalb als Teil der Kochbrunnen-Quellengruppe an (s. o.).

Die Quellengruppen des Kochbrunnens, der Adler- und der Schützenhofquelle lassen sich durch eine 35° streichende Linie verbinden. Auch der nicht thermale Faulbrunnen (ca. 300 m südwestlich der Schützenhofquelle) kommt auf dieser Linie zu liegen. Obwohl keine Quellaustritte zwischen den einzelnen Quellengruppen bekannt sind, wurde seit STIFFT (1831: 604) eine 35° streichende „Hauptquellspalte" oder „Thermalspalte" angenommen (z.B. MICHELS 1955: 113; 1966: 17). Früher wurde sie auch als „Hauptwasserlinie" oder „Mutterspalte" (THOMÄ 1843: 223; BRAUN 1855: 11) bezeichnet. MICHELS (1966) faßte die Linie als Fiedersystem der Grenze Sericitgneis–Phyllit auf.

Der Auftrieb der Quellen erfolgt innerhalb des Sericitgneises. Der „eigentliche Auftrieb" des Mineralwassers soll vor allem an Kreuzungspunkten mit NW–SE bis NNW–SSE-streichenden Quarzgängen (G. SANDBERGER 1860: 570) und „zum Teil mehr oder weniger mit Gangquarz" erfüllten „Querstörungen" bzw. „Querspalten" (MICHELS 1955: 113; 1966: 18) stattfinden.

Eigenen Beobachtungen zufolge sind damit postvaristisch gebildete Quarzgänge (mit Pseudomorphosen- und Kappenquarz) gemeint, da Milchquarzgänge mit dieser

Streichrichtung in der Vordertaunus-Einheit nicht auftreten. Mit Sicherheit nachgewiesen ist ein postvaristischer Quarzgang an der Schützenhofquelle. Ein zweiter tritt möglicherweise am Faulbrunnen auf. Für die restlichen Wiesbadener Primärquellen fehlen die Nachweise entsprechender Quarzgänge.

Weitere, z. T. verschüttete, versiegte oder überbaute Quellen bzw. Brunnen sind von mehreren Stellen im Stadtgebiet bekannt. Sie liegen alle außerhalb der angenommenen „Quellenlinie“:

- Die Thermalquelle für das Hospital, auch „alte Hospitalquelle“ genannt, wurde im 18. Jhdt. aufgegeben. Sie lag etwa 30 m nordwestlich der „Quellenlinie“.
- Ca. 160 m nordwestlich dieser Linie, nur wenige m nordwestlich der heutigen Jawlenskystraße (der früheren Querstraße), befand sich bis zum letzten Jahrhundert ein zweiter Faulbrunnen, zur Unterscheidung vom heutigen Faulbrunnen von RITTER (1800: 88) als „Faulbrunnen nördlicher Seite“ bezeichnet. Er kann im Bereich der heutigen Anwesen Taunusstraße 30–32, Nerostraße 23–25 und Jawlenskystraße 2–4 lokalisiert werden. Der Faulbrunnen wurde im Frühjahr 1876 – nach Beschwerden der Nachbarschaft „über Unzuträglichkeiten bei Benutzung des Pumpbrunnens“ und wegen vermuteter Verunreinigungen – abgedeckt (SARTORIUS 1877: 12).
- Eine weitere kalte Mineralquelle (Brunnen) befand sich früher in der Emser Straße (KOCH 1880a: 69). Ihre Lage ist unbekannt.
- RULLMANN (1823: 145–146) und STIFFT (1831: 576, 589) berichteten von einer weiteren, nicht mehr zu lokalisierenden kalten Quelle (18,7° C) beim „Müller Steiner“.
- Mehrere „kalte“ Quellen im NW der „Quellenlinie“ und eine „kalte“ Mineralquelle in der Neugasse waren noch THOMÄ (1843: 223) bekannt.
- Thermalwasser von über 30° C wurde an der Platter Straße im Bereich der ehemaligen Wäscherei des Städtischen Krankenhauses erbohrt (mdl. Mitt. Dr. H. TANGERMANN). Damit ist Thermalwasser noch ca. 400 m nordwestlich der „Quellenspalte“ nachgewiesen.
- 1971 wurde an der Fichtestraße (Brg. Blumenwiese) ca. 1,1 km östlich des Kochbrunnens in Phylliten ein Thermalwasser erbohrt. Wasserwegsamkeiten für den Aufstieg mineralisierter Tiefenwässer sind also auch weit außerhalb der „Quellenlinie“ vorhanden.

Bevorzugte Aufstiegswege finden die Mineralwässer also an den Quellengruppen von Kochbrunnen, Adlerquelle und Schützenhofquelle, doch existieren weitere Wasserwegsamkeiten auch an anderen Stellen. Die genaue Ausbildung des Störungssystems, das den Transport der Wiesbadener Thermalwässer ermöglicht, ist bislang unbekannt.

## 3. Einleitende Bemerkungen zu den Mineralisationen

Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit sind hydrothermale Bildungen, die im Bereich der Wiesbadener Thermalquellen auftreten und – wie zu zeigen ist – auf diese zurückzuführen sind. Zu diesen Bildungen gehören:

- Baryt (Schwerspat)
- Schwefelkies (Pyrit und Markasit)
- $SiO_2$-Ausfällungen und Verkieselungen
- Karbonatischer Quellensinter
- Oxidischer Quellensinter (Verockerungen)

**Baryt** bzw. Schwerspat ($BaSO_4$) bedarf keiner näheren Erläuterung. **Schwefelkies** ($FeS_2$) tritt im Wiesbadener Stadtgebiet sowohl in der kubischen (Pyrit) wie auch in der rhombischen Modifikation (Markasit) auf. Eine Unterscheidung der beiden sehr ähnlichen und meist feinkristallin auftretenden Mineralien konnte nur dann getroffen werden, wenn Kristalle zu beobachten waren oder aber ein rascher Zerfall in Gips, Schwefel und andere Zersetzungsprodukte (bei Raumtemperaturen ist der Zersatz bereits nach wenigen Monaten zu beobachten) das Vorliegen von Markasit nahelegte. In allen anderen Fällen bezeichne ich entsprechende Proben als Schwefelkies bzw. als $FeS_2$. Den Angaben von Pyrit- oder Markasitfunden in der Literatur und in Schichtenbeschreibungen liegen ausnahmslos keine kristallographischen oder röntgendiffraktometrischen Untersuchungen zugrunde – diese Angaben sind deshalb nicht gesichert. Melanterit bzw. Eisenvitriol ($FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$) entsteht rezent bis subrezent bei der Verwitterung von Eisensulfiden. Das Eisensulfat ist somit Indikatormineral für zersetzten Schwefelkies.

Die wohl älteste Erwähnung des Pyrits in Wiesbaden stammt von SCHENCK (1758: 460–462). „Feuereisen=Stein, oder, wie er auch genennet wird, Schwefel=und Eisen=Kieß=Feuerstein, Eisen=Erz, Pyrites, Minera Martis &c." „wird in den Wißbadischen Feldern und Wäldern, an vielen Orten, angetroffen". Zu Beginn des 18. Jahrhunderts sei „in dem Walde bey Wißbaden, ohnweit der so genannten Aue, von einigen Berg=Leuten die Erde durchsuchet worden", doch sei der Versuch bald eingestellt worden. Spuren dieser Arbeiten seien noch „einiger massen zu sehen". SCHENCK brachte den Versuch in Zusammenhang mit dem von TACITUS geschilderten römischen Bergbauversuch. Bislang ist es nicht gelungen, die Lage der „Aue" zu eruieren.

Von verschiedenen Autoren (u.a. KOCH 1877: 81; 1880a; LEPPLA & STEUER 1923: 21; MICHELS 1966: 30, 31) wurden meist nicht näher spezifizierte **$SiO_2$-Ausfällungen** und **Verkieselungen** tertiärer Sedimente beschrieben. Dazu zählen Bildungen wie Menilit (Leberopal) und „Hornstein". Beispielsweise wurde ein „weißer, plattiger Quarzit oder Quarzsandstein" in der „Nähe der Quellenverwerfung an der Coulinstraße" von LEPPLA & STEUER (1923: 21) als „Verfestigung von Sand durch Zufuhr von Kieselsäure (Verkieselung)" angesprochen.

Als **Thermalquellen-Paragenese** (Vergesellschaftung) werde ich im folgenden alle – im weitesten Sinne hydrothermal abgesetzten – Mineralisatio-

nen mit den Phasen $BaSO_4$, $FeS_2$ und $SiO_2$ bezeichnen, auch wenn sie einzeln, also ohne Begleitmineral, auftreten.

Ausführlichere Erläuterungen erfordert der sehr uneinheitlich und meist nicht definierte Begriff **„Quellensinter"** in den ausgewerteten Unterlagen. Unter diesem Begriff werden schlammige und nicht verfestigte, aber auch feste Quellenabsätze aus Quelltümpeln, Kanälen und Lockergesteinen verstanden. Ihre mineralogische und chemische Zusammensetzung ist nur in den seltensten Fällen untersucht. Im folgenden möchte ich karbonatische Sinter von oxidischen Bildungen (Verockerungen) unterscheiden.

Die Wiesbadener Thermalquellen schütten täglich über 2000 $m^3$ Wasser, in dem etwa 16.000 bis 17.000 kg gelöste feste Bestandteile enthalten sind (MICHELS 1961: 1219). Ein Teil dieser Mineralstoffe setzt sich unter oberflächennahen, also oxidierenden Bedingungen an den Austrittsorten der Quellen als **karbonatischer Sinter** ab. Bohrungen haben gezeigt, daß dichte karbonatische Sinterbildungen die Austrittsorte von Quellen aus dem Sericitgneis nach oben abdichten können, so daß das Thermalwasser nur in engen Quellkanälen aufsteigen kann (MICHELS 1966: 47).

Die erste Erwähnung des karbonatischen Wiesbadener Quellensinters stammt von C. PLINIUS D.Ä., der die hiesigen Thermen wohl in den Jahren 50/51 n.u.Z. aus eigener Anschauung kennenlernte. PLINIUS bezeichnete den Sinter als Tuff („pumex"), der sich an den Rändern der seinerzeit noch nicht gefaßten Quellen absetzte (CZYSZ 1994: 13-14). Wiesbadener Quellensinter ging seit dem 18. Jahrhundert in die beschreibende regionale Literatur als Kalksinter, „Senner", „Tuffstein", „Duxstein" u.s.w. ein und fand früh Eingang in Lehrbücher. So stellt eine „Anleitung zur Geognosie" (REICHETZER 1812: 216) fest: „Zum Travertino werden auch die Badabsätze zu Wisbaden [...] gerechnet."

Durch die Sanierung der Wiesbadener Thermalquellen seit den 50er Jahren dieses Jahrhunderts bedingt, erfolgt die Förderung und Ableitung der Thermalwässer heute unter Sauerstoffausschluß, so daß die Sinterbildung an den Quellen und in den Leitungssystemen weitgehend unterbunden wird (W. FRESENIUS et al. 1978). Bis dahin mußten die Thermalwasserleitungen regelmäßig durch umständliche Reinigungsprozeduren vom karbonatischen Sinter befreit werden. In Kanälen und Leitungen, die längere Zeit trocken lagen, verfestigte sich der Sinter so stark, daß er nur „mit stumpfen Aexten oder starken Keilhauen" mühsam „ausgehauen" werden konnte (THOMÄ 1843: 211). Es entstanden faserig gewachsene, hell- und dunkelbraun gebänderte karbonatische Sinter. Abb. 2 zeigt einen gebänderten Sinter, der sich in einer Kochbrunnen-Leitung (vor der Sanierung) gebildet hat. Er besteht aus langfaserig gewachsenem $CaCO_3$; auf der Oberfläche haben sich kleine Calcitkristalle gebildet. Beim Bau des Badhauses zum Weißen Löwen (späteres Hotel Römerbad) wurde eine vollständig versinterte römi-

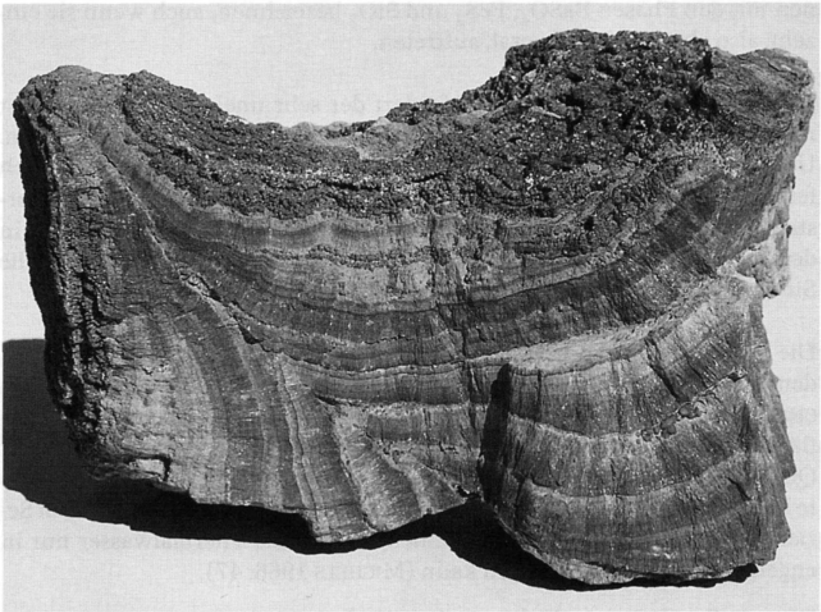


Abb. 2. Karbonatischer Quellensinter, rotbraun gebändert, aus einer Kochbrunnen-Leitung. Breite: 13 cm. Museum Wiesbaden, Mineralogische Sammlung.

sche Wasserleitung freigelegt. Da die römische Konstruktion es nicht erlaubt hatte, die Leitung zu Reinigungszwecken aufzudecken, war sie offensichtlich rasch durch Versinterung unbrauchbar geworden. DOROW (1819: 56) stellte deshalb mit einer gewissen Häme fest, daß „die Römer die Bestandtheile und Eigenschaften des Wiesbader warmen Wassers nicht kannten. Dieses Wasser führt nemlich eine große Menge gelber Erde mit sich, welche die Kanäle bald verstopft." Als Kuriosum sei der Bericht von RITTER (1800: 172) erwähnt. RITTER gab an, daß in das Thermalwasser gelegte Materialien wie Holz, Metall oder Stein bereits nach wenigen Tagen von Sinter überzogen waren; selbst Fleisch war nach drei Tagen „mazerirt und von Tufstein inkrustirt".

Ein großer, bei der Sanierung des Kochbrunnens freigelegter Sinterblock ist am Kinderspielplatz auf dem Kranzplatz aufgestellt (CZYSZ 1995: Abb. 9). Er besitzt eine lebhaft gelb- bis rotbraune Farbe und eine zellig-poröse Struktur. Er wird aus zahlreichen Calcitkriställchen aufgebaut. Als färbende Bestandteile kommen Jarosit und Limonit in Frage. Im Sprudelbecken des Kochbrunnens fanden sich „traubige Massen von krystallinischer Struktur und grau-röthlich-brauner Farbe" (R. FRESENIUS 1850: 184). Moderne chemische Analysen fehlen. Nach zwei Analysen von R. FRESENIUS (1850: 185) ist

$CaCO_3$ mit > 90 Gew. % Hauptbestandteil des festen Kochbrunnensinters. Weitere Bestandteile (jeweils > 0,5 %) sind: Eisenoxide und -hydroxide, $SiO_2$ und $MgCO_3$. Eine moderne mineralogische Untersuchung fehlt. THOMÄ (1843: 212) beobachtete im karbonatischen Sinter blättrige Gefüge und in „zellig zerfressenen Drusen sogar ausgezeichnete Gruppen von deutlich ausgebildeten Rhomboedern". Es könnte sich hier um Dolomitkristalle handeln. G. SANDBERGER (1859: 6; 1861: 21) erwähnte das reichliche Auftreten von Aragonit „in Tropfsteinen und im Quellensinter". Belegt wird diese Angabe durch ein vor 1814 gefundenes Handstück in der Mineraliensammlung von J. W. v. GOETHE: Weißer Aragonitsinter sitzt – in der Art der Eisenblüte ausgebildet – auf der Schieferungsfläche eines stark verquarzten Sericitgneises (S XV 21 23; Nr. 6120 bei PRESCHER 1978: 352). Wahrscheinlicher Fundort ist der ehemalige Klapperfeld-Steinbruch (Aufschlußpunkt 76). Vergleichbare Bildungen erwähnte HABEL in KLIPSTEIN (1781: 146) von der Saalgasse.

STIFFT (1831: 605) zufolge traten Sinterbildungen auch an den Austrittsorten der „Nebenquellen" auf. Vor allem die kälteren Quellen sollen besonders mächtige, mehr oder weniger horizontal gelagerte „Sinterdecken" abschieden haben. STIFFT beobachtete durch Sinter zusammengekittete quartäre Bachschotter und beim Aufsteigen der Mischwässer durch die Quartärsedimente entstandenen Sinter, der „eine Art Röhre bildet". Nach BRAUN (1855: 11) war ein „grosser Theil des tieferliegenden Thermalbezirks und des angrenzenden Bezirks der kalten Quellen" mit Sinter „angefüllt" und wurde seinerzeit bei Neubauten immer wieder aufgedeckt. Er war an der Oberfläche mit Humus gemischt und besaß eine dunkle, braune bis schwarze Farbe. Zur Teufe hin fand er sich „rein" und durch Eisenoxide/-hydroxide rot gefärbt. Ein – wohl von C. F. HABEL gesammeltes – Belegstück aus diesem Bereich befindet sich in der Sammlung J. W. v. GOETHE (S III 16 14; Nr. 6232 bei PRESCHER 1978: 361). Es ist als „Kalksynter von Wiesbaden" etikettiert. Das poröse, locker-leichte Gebilde ist ockerfarben und enthält vereinzelte Pflanzenreste.

KOCH (1880b) hatte die karbonatischen Quellensinter in der ersten Ausgabe der geologischen Spezialkarte von Bl. 5915 Wiesbaden noch als eigene Signatur ausgehalten und in den Erläuterungen (KOCH 1880a: 69–71) beschrieben. In der zweiten Auflage der Karte (LEPPLA & STEUER 1922) fehlt diese Signatur; in den Erläuterungen (LEPPLA & STEUER 1923: 45) findet sich nur eine kurze Notiz.

Eine anschauliche Schilderung der Ausfällung eisenreicher Niederschläge im Quelltümpel des Kochbrunnens stammt von MICHELS (1963: 4): „Aus Löchern der zerfressenen Sinteroberfläche sieht man das völlig klare Mine-

ralwasser dampfend ausströmen, das aber bei der Berührung mit der Luft sofort trübe wird, da das im Wasser gelöste Eisenhydrogenkarbonat sofort zu rotbraunem Eisenhydroyxd oxidiert wird und sich als roter Eisenschlamm auf dem Sinter an den Tümpelwänden und an den Abläufen niedersetzt." Diese rotbraunen schlammigen Massen bestehen überwiegend aus Eisenoxiden und -hydroxiden ($Fe_2O_3$ ca. 60 %), zu ca. 14 % aus $CaCO_3$ und zu ca. 12 % aus $SiO_2$. Auffallend ist ein hoher $As_2O_3$-Gehalt von >2 % (FRESENIUS, W. & SCHNEIDER 1962). Ein ähnliches Ergebnis zeigte die Analyse abgeschlämmten „schlammigen Sinters" aus einem Kanal zwischen Kochbrunnen und dem Badhaus Rose (R. FRESENIUS 1850: 185). Ein fossiler „Ocker" vom Bergrücken hinter dem Schützenhof (s.u.) enthielt ca. 67 % „Eisenoxyd", ca. 8 % $SiO_2$, ca. 1 % $CaCO_3$ und ca. 1 % $As_2O_3$ (FRESENIUS in REUTER 1884: 26). Frühere Autoren haben diese Bildungen in quartären und tertiären Sedimenten meist als „Sinter" angesprochen. Im folgenden bezeichne ich diese im Wiesbadener Stadtgebiet volumenmäßig untergeordneten, aber verbreiteten Bildungen als **Verockerungen** oder **oxidische Sinter.**

Aus zwei um 85/86 n.u.Z. entstandenen Epigrammen des Dichters MARCUS VALERIUS MARTIALIS geht hervor, daß der in eine bestimmte Form gebrachte ockerfarbene Sinter der Wiesbadener Quellen („mattiakische Kugeln") zumindest eine Zeitlang ein begehrtes Haarfärbemittel für die eitle römische Oberschicht war (REUTER 1884; CZYSZ 1994: 14–15). Auch versprach man sich vom „chattischen Sinter" glänzendere Haare. Wahrscheinlich hat es sich bei diesem Handelsprodukt um oxidische Sinterbildungen, also Verockerungen, gehandelt.

## 4. Einzelbeschreibungen der Mineralisationen

Die Lage der im folgenden beschriebenen Fundpunkte ist Abb. 3 zu entnehmen. Die Beschreibung ist gegliedert nach den vier Hauptarealen der heutigen Mineralquellen und zwei sicher identifizierbaren Gebieten mit ehemaligen Thermalwasseraustritten. Sie beginnt im Nordosten. Die im Text in Klammern angegebenen und durch Fettdruck hervorgehobenen Ziffern hinter einer Lokalitätsbezeichnung verweisen auf die Numerierung in Abb. 3. Abweichend vom allgemeinen Gebrauch werden Teufenangaben von Bohrungen umgerechnet und in m über NN (Normalnull) angegeben.

Die Lokalisierung ehemaliger Gebäude und Geländeangaben erfolgte, sofern nicht anders angegeben, mit Hilfe folgender Karten, Kartenwerke und Literatur:
- ANONYMUS (1701)
- „Grundriss von Wiesbaden" in RITTER (1800)
- WEBER (1812)
- „Plan der Stadt Wiesbaden" in EBHARDT (1817)
- „Historischer Plan von Wiesbaden" in OTTO (1877)
- SPIELMANN & KRAKE (1912)
- RENKHOFF (1980).

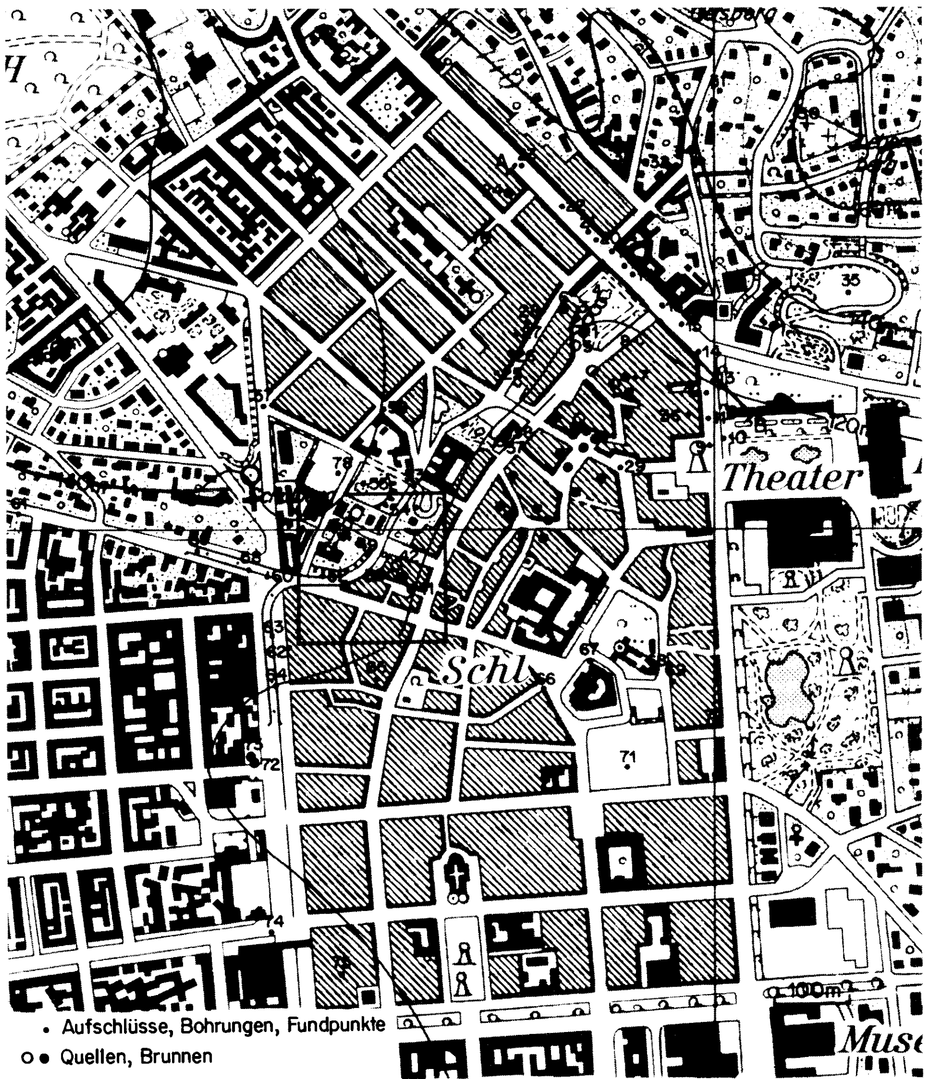



Abb. 3. Lage der im Text erwähnten Aufschlüsse, Bohrungen und Fundpunkte.
A–B: Lage des Profils in Abb. 4.
Kartenausschnitt SE Schulberg: siehe Abb. 9.
Kartengrundlage: Vergrößerung 1:10.000 der Top. Kt. 1:25.000 Bl. 5915 Wiesbaden (mit Genehmigung des Hess. Landesvermessungsamtes, Vervielfältigungs-Nr. 96–1–102).

## 4.1. Kochbrunnen-Areal

Mehrere Brunnen haben in Vergangenheit und Gegenwart im Kochbrunnen-Areal Thermalwasser erschlossen. Zu ihnen zählen: Kochbrunnen, Kochbrunnen-Bohrung, Salmquelle, Salmquellen-Bohrung, Spiegelquelle und ehemalige Quelle für das Hospital. Die genaue Lage dreier weiterer, von VOGLER (1848) angeführter Quellen (im Römerbad und im Hotel Europäischer Hof) ist unbekannt.

Der **Kochbrunnen (1)** ist Wiesbadens bekannteste und stärkste Quelle. Er erhält heute sein Wasser aus einer 1966 abgeteuften Bohrung. Bis dahin war er in einem flachen, achteckigen Tümpel („Kochbrunnentempel“) gefaßt, der in noch früheren Zeiten „einige wenige Meter näher dem Römerbad“ (also nördlich bis nordwestlich) lag (MICHELS 1966: 33). Er speiste sich aus 15 einzelnen „Wasseradern“ bzw. „Quelladern“, die in das Quellbecken strömten (HINTZ & GRÜNHUT 1907: 32). Als stärkste der Wiesbadener Quellen schüttete der Kochbrunnen täglich ca. 500 $m^3$ etwa 65,5° C warmen Wassers. Sein Spiegel befand sich in einer Höhenlage von 118,89 m über NN (MICHELS 1961: 1219; 1966: 33, 39).

15 m nordöstlich Mitte Kochbrunnentümpel wurde im Jahre 1966 die **Kochbrunnen-Bohrung (2)**, von MICHELS (1966) als „Versuchsbohrung III“ bezeichnet, abgeteuft. Das erbohrte, artesisch gespannte Thermalwasser glich hinsichtlich Chemismus und Temperatur (65° C in 41,5 m Teufe) dem Kochbrunnenwasser. Ein Pumpversuch (Absenken des Springers von 3,1 auf 1,0 m über Gelände) verursachte ein Sinken der Wasserspiegel in benachbarten Bohrungen und Brunnen (Salmquellen-Bohrung, Kochbrunnen- und Adlerquellentümpel). Die Schichtenbeschreibung nebst weiteren Angaben wurde von MICHELS (1966: 41–47) publiziert.

Unter holozänen und pleistozänen Ablagerungen traf man von 111,92 bis zur Endteufe von 77,02 m über NN teilweise alterierten Sericitgneis (Bleichungen und Kaolinisierungen) mit Quarztrümern mutmaßlich varistischen Bildungsalters an. Karbonatischer Quellensinter wurde in den jungen Auflagerungen nicht angetroffen. Einen „gelblich-braun ockerig(en)“ Überzug auf pleistozänen Kiesen, Geröllen und Sanden bezeichnete MICHELS (1966: 41) als „Vertretung eines Sinters“.

Vorherrschendes Mineral der Thermalquellen-Paragenese in der Bohrung war Schwefelkies, der in der gesamten durchbohrten Teufe des Sericitgneises auftrat. Pyrit besetzte Schieferungsflächen und durchzog in „Schnüren“ und Trümchen (bis 5 mm Mächtigkeit) den Sericitgneis und in feinsten „Haarrissen“ Sericitgneis und Quarz „mit einem unwahrscheinlich dichten

Netz." In feiner Verteilung färbte er den teilweise vollständig vererzten Sericitgneis dunkel. Vor allem um die Aufstiegswege des Mineralwassers (Spalten und „offene Hohlräume") hatte sich Schwefelkies in teils prächtiger Ausbildung abgesetzt. Die Wände waren mit bis 5 mm starken Schwefelkies-„Tapeten" (mit unregelmäßiger „krustenförmiger" bzw. „krustenartiger" Oberfläche), in deren Innern Kristalle ausgebildet sein konnten, und stellenweise mit „stalaktiten- und traubenförmige(n) Zapfenbündel(n)" ausgekleidet. Weiterhin wurden „prachtvolle Schwefelkieskristalle" und „zentrisch, teilweise radial gebaute gebündelte Schwefelkiessäulchen bzw. -zäpfchen" beschrieben, die stalaktitenartig in die Kluftöffnungen ragten. Die reichliche Pyritausscheidung ließ MICHELS (1966: 47) vermuten, daß der Schwefelkies „schließlich nach oben ziemlich nahe dem Grundwasser der Bachkiese den ganzen Serizitgneis dichtet und wahrscheinlich die Wandauskleidungen der Spalten so weit sich zusammenschließen läßt, daß nur noch verhältnismäßig wenig Thermalwasser [...] in den Grundwasserstrom eintreten kann".

Baryt wurde lediglich bei 93,22–96,67 und 79,52–81,32 m über NN neben Schwefelkies bzw. auf Pyritkrusten (hier mit kleinen Kriställchen) in den Aufstiegswegen des Thermalwassers angetroffen. Die Temperaturen in den durch Baryt mineralisierten Bereichen betrugen 65 bzw. 67,5 ° C.

Die **Salmquelle (3)**, 35–42 m nordöstlich Kochbrunnen gelegen, lieferte früher lediglich 4 l/min. Die 8 m nordöstlich der Salmquelle im Jahre 1965 abgeteufte **Salmquellen-Bohrung (4)**, von MICHELS (1966) als „Versuchsbohrung I" bezeichnet, erbrachte eine Schüttung von 681 l/min. Temperatur (67,5 ° C in 47 m Teufe) und Chemismus des Thermalwassers sind dem Wasser des Kochbrunnens sehr ähnlich (MICHELS 1966: 35, 39). Das Schichtenprofil der Bohrung wurde von MICHELS (1966: 37–39) veröffentlicht.

Bis 112,33 m über NN wurden holozäne und pleistozäne Ablagerungen angetroffen. Auch hier wurde eine z.T. starke Verockerung im „Bachkies" (115,03–115,68 m über NN) von MICHELS als „Sintervertretung" angesprochen. Bis zur Endteufe von 73,33 m über NN wurde Sericitgneis mit Quarztrümern (vermutlich ein varistisch gebildeter Milchquarz) durchbohrt, der im unteren Bereich durch Thermalwässer alteriert („weißkaolinisiert") war. Ein „zum Teil neugebildet(er)" Quarz wird bei 108,13–111,33 m über NN erwähnt. Schwefelkies trat an zahlreichen Stellen z. T. reichlich im Sericitgneis auf (von 108,13 m über NN bis zur Endteufe). Mit Ausnahme der Erwähnung von „Schwefelkiesschnüren" wird seine Ausbildung nicht näher charakterisiert.

Bei 105,83–107,33 m über NN wurde Sericitgneis „mit viel Sulfiderzen (meist Schwefelkies, Quarz und Schwerspat)" durchbohrt. Eine Spektralanalyse ergab als Haupt-

bestandteile Si und Fe, als Nebenbestandteile Cr, Al, Ga, Ti, Na, K, Cu, Mg, Ba, Ca, Sr, As, Mn, Ni und B. „Erz“, „Erzgängchen“ und „Sulfidmineralien“ im Sericitgneis traten auch im Bereich von 76,54-85,83 m über NN auf, blieben aber ohne nähere Beschreibung oder Bestimmung. Fraglich bleibt auch die Angabe von „Roteisen“, das bei 76,53-78,43 m über NN den „Gangquarz“ begleiten soll.

Im Gegensatz zur Kochbrunnen-Bohrung wurde Baryt reichlich angetroffen. Er trat, meist in Begleitung von Pyrit, zwischen 73,33 m und 107,33 m über NN auf. Bei 76,53 und 79,83 m über NN wurden „offene Klüfte“ angetroffen, in denen Thermalwasser mit einer Temperatur von 63,5–66,6° C zirkulierte. Die Wände der Spalten waren „mit prachtvoll klaren, über Zentimeter großen, tafeligen Schwerspatkristallen“ austapeziert (MICHELS 1966: 46).

Die geschilderten Befunde der beiden Bohrungen legen es nahe, die in den mit Thermalwasser durchflossenen Spalten- und Hohlraumsystemen angetroffenen Schwerspat- und Schwefelkiesbildungen als geologisch sehr junge (rezente bis subrezente) Ausscheidungen anzusehen.

Für die nur flach gefaßte **Spiegelquelle (5)** wenige Meter südwestlich des Kochbrunnentempels (heute nur mehr Drän) und die im 18. Jahrhundert aufgegebene **Hospitalquelle (6)** liegen Berichte über Mineralisationen mangels Aufschlüssen nicht vor. Die alte Hospitalquelle lag an der N-Ecke des heutigen Anwesens Saalgasse 13, dem Gelände des früheren Hotels Römerbad.

Vergleichbare Mineralisationen wurden in den letzten Jahren bei Umbaumaßnahmen im Hotel Rose, ca. 70–80 m südöstlich der „Quellenlinie“, angetroffen. So war in der Baugrubensohle für die **Tiefgarage des Hotels Rose (7)** im September 1992 Sericitgneis mit cm-mächtigen Milchquarzadern aufgeschlossen. Er war z. T. brecciiert und „gelegentlich mit feinkörnigem Pyrit mineralisiert“ (Aufzeichnung H.-J. ANDERLE). Eine Bohrung vor dem **Hotel Rose (8)** erbohrte im Sericitgneis bei 107,42 m über NN eine Kluft im Sericitgneis, auf der sich Barytkriställchen abgesetzt hatten. Bei 101,9 und 102,2 m über NN traten dünne, mit Baryt und Schwefelkies verheilte Risse im Sericitgneis auf. Aus diesem unteren Bereich stand mir eine Kernprobe zur Verfügung. Eine saigere, etwa NW–SE-orientierte Kluftfläche ist mit einer schmalen Schwefelkieskruste (wohl Pyrit) bedeckt. U. d. M. (unter dem Mikroskop) können undeutlich einzelne Kristallflächen beobachtet werden. Auf dem Pyrit sitzen bis zu 12 mm lange durchsichtige Barytkristalle. Sie sind unvollständig ausgebildet und flachtafelig. Als Einschlüsse im Schwerspat finden sich winzige, langprismatisch gewachsene Schwefelkieskristalle.

Über 100 m südöstlich davon, im Bereich der Anwesen Wilhelmstraße 54–58, mußte bei der Anlage des **Herrngartens (36)** Ende des 18. Jahrhunderts ein „Fels“ gesprengt werden. Einige „zerstreute glasartige Steine von ganz besonderer Art“, die von der Sprengung „übrig geblieben“ waren, beschrieb HABEL in KLIPSTEIN (1781: 142). Sie waren mit „undurchsichtigen, graulichen platten Crystallen, ohne besondere Richtung, besetzt“. Die Mineralart war ihm unbekannt; noch nicht einmal in der „vortref[f]lichen Sammlung von Crystallisationen des Mr. de L'Isle in Paris“ habe er solche Kristalle gesehen. Da Baryt in der wissenschaftlichen Literatur jener Zeit noch nicht als eigenes Mineral etabliert war und HABEL an anderer Stelle Barytkristalle aus dem Wiesbadener Thermalquellenbereich offensichtlich mit Gipskristallen verwechselt hat (s. u.), dürfte am ehemaligen Herrngarten Baryt gefunden worden sein. Gerne schließt man sich dem Ausruf von HABEL an: „Schade, daß ich dazumal [bei der Sprengung, T. K.] abwesend war!“.

Vor allem eine Reihe von Kernbohrungen (9–23), die zur Erneuerung des Mischwasserkanals und zur Anlegung eines Bachkanals im Rahmen der Sanierung der Taunusstraße im Jahre 1990 niedergebracht wurden, erbrachte den Nachweis, daß die Mineralisationen der Thermalquellen-Paragenese nicht auf die unmittelbare Umgebung der heutigen Thermalwasser-Aufstiegswege beschränkt sind (Abb. 4). Nebengestein der Mineralisationen ist jeweils Sericitgneis, dessen Schieferung ca. ENE (60°) streicht und nach NNW einfällt. Die Profilbeschreibungen fast aller Bohrungen verdanke ich H.-J. ANDERLE. Die im folgenden beschriebenen Bohrkernproben konnte ich, sofern nicht ausdrücklich vermerkt, selbst untersuchen. Da das Generalstreichen und -einfallen der Schieferung bekannt ist, konnte bei ausreichend großen Kernproben die Raumlage der Mineralisationen bestimmt werden.

Die beiden südlichsten Bohrungen **(9, 10)** trafen nicht mineralisierten Sericitgneis an. Das Schichtenverzeichnis der südlichsten Bohrung des Profils, in der eine Mineralisation auftrat **(11)**, gibt Schwerspat bei 98,9 m, 99,3 m, 100,6 m und 104,3 m über NN an. Zur Untersuchung lagen Kerne aus dem oberen und dem unteren Mineralisationsbereich vor. Das Schieferungsgefüge des Sericitgneises bei 104,3 m über NN wird von dünnen Schwefelkieshäutchen nachgezeichnet. Farblose bis hellgraue Barytkriställchen bis 5 mm Länge sitzen auf verschieden orientierten Kluftflächen im Gestein. Sie sind unvollständig auskristallisiert. Bei 98,9 m über NN tritt farbloser bis gelblicher Baryt in > $cm^2$-großen Tapeten und als Kriställchen (bis 5 mm Länge, unvollständig auskristallisiert) auf Kluftflächen im Sericitgneis und Milchquarz auf.

**12**: Baryt wurde bei 103,35 m und bei 100,9–101,8 m über NN im Sericitgneis angetroffen. Dem Sericitgneis sind $s_1$-parallele und durch $s_2$ gefaltete 3-5 cm mächtige graue Milchquarztrümchen (mit Sericit) eingelagert. Farbloser bis hellgrauer Baryt tritt in beiden Bereichen in < 1 mm starken Kristalltapeten auf verschieden orientierten Klüften im Milchquarz auf (u.a. in etwa horizontale Klüfte und $s_1$-parallele Klüfte). Die geringe Kluftweite erlaubte meist nur unvollständiges Kristallwachstum. Die flach aufliegenden Kristalle können im oberen Bereich bis 2 mm und im unteren Bereich bis > 1 cm Länge aufweisen (durchschnittlich 1 mm). Im liegenden Bereich treten dünne Baryttapeten auf den $s_1$-Flächen des Sericitgneises auf.

**13**: Baryt fand sich bei 101,8 m, 102,0 m und 102,3 m über NN. Bei 102,3 m sitzen unvollständig ausgebildete Barytkriställchen bis 5 mm Länge auf in etwa vertikalen Kluftflächen eines Milchquarztrümchens im Sericitgneis. Die Probe bei 102,0 m konnte nicht untersucht werden. Die Bohrbeschreibung gibt an: „wenig spätiger Baryt“ mit Quarz in Sericitgneis. Bei 101,8 m über NN sitzen bis 3 mm lange Barytkriställchen auf einer vertikalen Kluftfläche im Milchquarz. Sie werden von einer dünnen, < 1 mm starken Schwefelkieskruste überzogen. Nicht bestimmt werden konnten weiße und glasklare Überzüge auf dem Schwefelkies (amorphe Phasen?).

**14**: In einem schmalen, steil stehenden Spältchen im Sericitgneis (ca. NNW–SSE-Streichen) bei 105,5–105,6 m über NN sitzen klare bis hellgraue, idiomorph entwickelte Barytkriställchen (< 1 mm), die von einem weißen bis gelben Material bestäubt sind. Möglicherweise handelt es sich um zersetzten Markasit, da das Schichtenverzeichnis hier „Pyritüberzüge“ angibt. Eine weitere schmale vertikale Spalte (ca. NW–SE) bei 101,5 m über NN ist mit unvollständig ausgebildeten Barytkriställchen bis 5 mm Länge besetzt. Auch sie waren ursprünglich mit Markasit bestäubt.

**15**: Im Sericitgneis wurden Mineralisationen an drei Stellen beobachtet. Auf zerschertem Milchquarz ist bei 109,0 m über NN die Abfolge Markasit-Baryt (farblos-hellbraune Kriställchen bis 5 mm Länge) verwirklicht. Bei 108,1–108,2 m über NN ist eine ca. NE–SW streichende vertikale Kluftfläche im Sericitgneis mit einer 1 mm mächtigen Barytkruste (farblos-hellgrau) mit einzelnen Kristallflächen überwachsen. Bei 106,4 m über NN tritt (zersetzter) Markasit auf einer steil nach NE einfallenden Querkluft-Fläche auf, der von farblosen bis hellgrauen Barytkriställchen (max. 5 mm Länge) überwachsen ist.

**16**: Pyrit trat auf einer Kluftfläche im Sericitgneis bei 109,1 m über NN auf (die Probe konnte nicht untersucht werden). Bei 105,6–105,7 m über NN wurde ein 2–3 cm mächtiges Gängchen im Sericitgneis aus postvaristischem

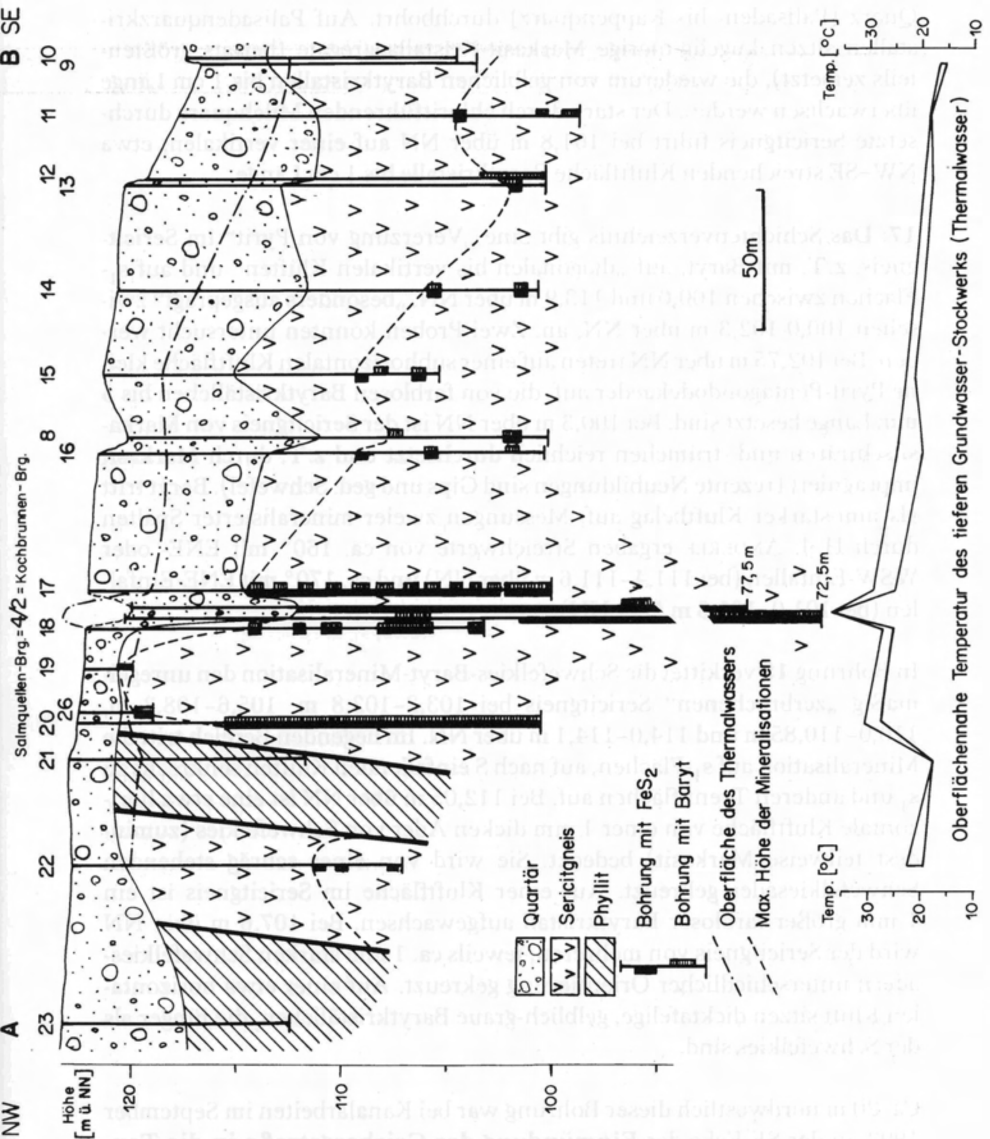



Abb. 4. Geologisches Profil entlang der Taunusstraße mit der Höhenlage von Baryt und $FeS_2$ in Bohrungen/Aufschlüssen und den oberflächennahen Temperaturen des tieferen Grundwasser-Stockwerks (Thermalwasser). Lage des Profils siehe Abb. 2 (A–B). Die Mineralisationen sind auf den Sericitgneis beschränkt und fehlen im Quartär und im Phyllit. Die maximale Höhe der Mineralisationen verläuft in etwa parallel zum Thermalwasserspiegel. Aufschlußpunkte 19 + 26: fossile Mineralisationen.

Quarz (Palisaden- bis Kappenquarz) durchbohrt. Auf Palisadenquarzkristallen sitzen kugelig-nierige Markasit-Kristallaggregate (bereits größtenteils zersetzt), die wiederum von gelblichen Barytkristallen bis 1 cm Länge überwachsen werden. Der stark durch chloritführenden Milchquarz durchsetzte Sericitgneis führt bei 101,8 m über NN auf einer vertikalen, etwa NW–SE streichenden Kluftfläche Barytkristalle bis 1 cm Länge.

**17**: Das Schichtenverzeichnis gibt eine „Vererzung von Pyrit" im Sericitgneis, z. T. mit Baryt, auf „diagonalen bis vertikalen Klüften" und auf $s_1$-Flächen zwischen 100,0 und 113,9 m über NN, „besonders ausgeprägt" zwischen 100,0-102,3 m über NN, an. Zwei Proben konnten untersucht werden. Bei 102,75 m über NN treten auf einer subhorizontalen Kluftfläche kleine Pyrit-Pentagondodekaeder auf, die von farblosen Barytkriställchen bis 5 mm Länge besetzt sind. Bei 100,3 m über NN ist der Sericitgneis von Markasitschnüren und -trümchen reichlich durchsetzt und z. T. durch Markasit imprägniert (rezente Neubildungen sind Gips und ged. Schwefel). Baryt tritt als mm-starker Kluftbelag auf. Messungen zweier mineralisierter Spalten durch H.-J. ANDERLE ergaben Streichwerte von ca. 160° mit ENE- oder WSW-Einfallen (bei 111,4–111,6 m über NN) und ca. 170° mit ENE-Einfallen (bei 101,0–101,3 m über NN).

In Bohrung **18** verkittet die Schwefelkies-Baryt-Mineralisation den unregelmäßig „zerbrochenen" Sericitgneis bei 103,2–103,8 m, 105,6–108,3 m, 110,0–110,85 m und 114,0–114,1 m über NN. Im liegenden Bereich tritt die Mineralisation auf $s_1$-Flächen, auf nach S einfallenden Klüften senkrecht zu $s_1$ und anderen Trennflächen auf. Bei 112,05 m über NN ist eine etwa horizontale Kluftfläche von einer 1 mm dicken Ader von Schwefelkies (zumindest teilweise Markasit) bedeckt. Sie wird von einer schräg stehenden Schwefelkiesader gekreuzt. Auf einer Kluftfläche im Sericitgneis ist ein 1 mm großer farbloser Barytkristall aufgewachsen. Bei 107,6 m über NN wird der Sericitgneis von mehreren, jeweils ca. 1 mm starken Schwefelkiesadern unterschiedlicher Orientierung gekreuzt. Auf einer etwa horizontalen Kluft sitzen dicktafelige, gelblich-graue Barytkriställchen, die jünger als der Schwefelkies sind.

Ca. 20 m nordwestlich dieser Bohrung war bei Kanalarbeiten im September 1993 an der SE-Ecke der **Einmündung der Geisbergstraße in die Taunusstraße (19)** ein stark verquarzter Sericitgneis mit chloritführendem Milchquarz aufgeschlossen. In einer Höhe von etwa 120 m über NN fanden sich auf steilstehenden Klüftchen untergeordnet bis 1 mm mächtige postvaristische Quarzfüllungen mit kleinen Kriställchen (Palisadenquarz). Auf mm-weiten Klüften unterschiedlicher Orientierung im Sericitgneis konnte ich bis 1 cm lange, wegen der geringen Spaltenbreite fast immer unvollstän-

dig entwickelte farblose Barytkristalle beobachten. Bevorzugt saßen die Kristalle auf Milchquarz. Hauptformen sind {001}, {110} und {010}, gelegentlich modifiziert durch {011} und ?{111}. Manche Kristalle weisen Einschlüsse von fein verteiltem $FeS_2$ auf. Der Baryt wird begleitet von wohl amorphen, nicht karbonatischen Krusten mit weißen, gelben, ockerfarbenen und dunkelbraunen Farben. Sie sind in der Mehrheit älter als der Baryt und lassen u. d. M. gelegentlich warzig-nierige Strukturen erkennen.

Bohrung **20** traf den am stärksten mineralisierten Bereich aller Bohrungen in der Taunusstraße an. Baryt und Schwefelkies traten im gesamten Bereich zwischen 115,55 m über NN und 102,45 m über NN (Endteufe) auf meist steilstehenden Klüften auf. Zwischen 103,85 und 105,45 m über NN wurde auf 1,6 m Teufenerstreckung eine streichende (ENE–WSW), vertikal stehende Kluft durchbohrt. Die bis zu 3 cm weite Spalte war von Schwefelkies und prachtvollen Barytkristallen ausgekleidet (Abb. 5). An manchen Stellen schnürte sie zu. Ein Kernfoto läßt erkennen, daß sich die Mineralisation zum Hangenden und zum Liegenden hin im Sericitgneis zerschlägt.

Ein Bohrkern aus der Teufe von 103,85–104,25 m über NN konnte untersucht werden. Weitere mir zugänglich gemachte Proben sind den Bohrteufen nicht exakt zuzuordnen. Älteste Phase ist generell feinkörniger Schwefelkies (meist Markasit). Er findet sich in vertikalen bis steilstehenden Klüften als monomineralische Füllung mit bis zu 3 mm Mächtigkeit (durchschnittlich 1 mm) oder als schmale Kruste am Salband, auf dem die Schwerspatkristalle sitzen. Zwischen den offenen Drusenräumen weisen die Schwefelkiesadern unregelmäßige Adern mit Verzweigungen und Scharungen auf. Häufig zweigen von der saigeren Hauptkluft schmale $FeS_2$-Apophysen in den Sericitgneis mit hier fast horizontal liegender Schieferung ab. Folgende Raumlagen sind bevorzugt mineralisiert: steil stehende und spitzwinklig zur vertikalen Kluft verlaufende Klüfte und $s_1$-parallele Flächen. In einer Kernprobe konnte ich zudem eine vertikale Kluft (senkrecht bis diagonal zur Hauptkluft) mit schmaler Schwefelkiesfüllung entdecken. Neben Markasit tritt Pyrit auf. Letzterer kann in Hohlräumen Kristalle bis 1 mm Kantenlänge bilden. Sie bestehen aus Kombinationen von gestreiften Würfelflächen mit Pyritoeder- und (unscheinbaren) Oktaederflächen. Die z.T. klaren Schwerspatkristalle erreichen Kantenlängen bis zu 2 cm. Sie weisen einen flachtafeligen und meißelförmigen Habitus auf.

Der hangende Zerschlagungsbereich der Mineralisation bei 105,2–105,45 m über NN (die oberen 25 cm) ist als matrixgestützte Breccie ausgebildet. Bis zu 2 cm starke feinkörnige Schwefelkiesabscheidungen umkrusten Sericitgneisklasten bis > 5 cm Größe. In Hohlräumen hat sich Schwerspat abgesetzt. Eine vergleichbare Breccie findet sich in den liegenden 50 cm der

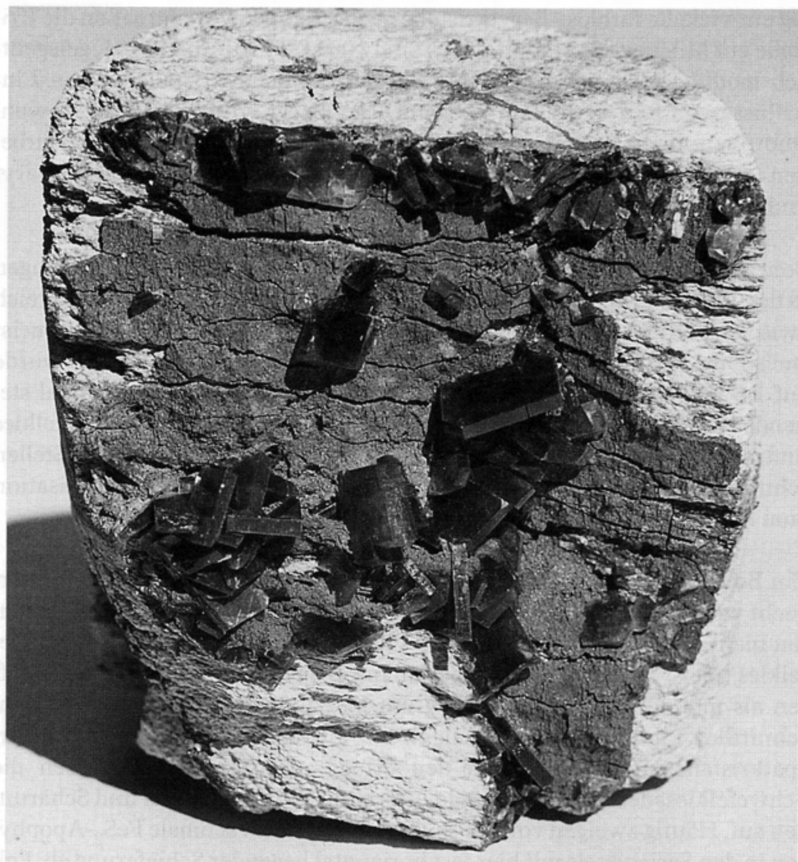


Abb. 5. Barytkristalle auf Markasitkruste (dunkel) aus vertikaler ENE—WSW-Kluft in Sericitgneis (hell). Breite: 10 cm. Bohrung in der Taunusstraße (Aufschlußpunkt 20).

Mineralisation. Die hangenden 20 cm der mit Schwefelkies verkitteten Gangbreccie aus Sericitgneis begleiten noch die offene ENE—WSW-Kluft, die an dieser Stelle mit den größten Schwerspatkristallen der gesamten Kluftzone besetzt ist. Die liegenden 30 cm weisen keine offenen Klüfte auf. Dem Kernfoto zufolge scheint Baryt hier entweder gar nicht oder aber nur untergeordnet abgeschieden worden zu sein.

Alle Beobachtungen sprechen dafür, daß die Bohrung 20 eine phreatische Breccie, nicht aber eine tektonische Breccie angetroffen hat (Kap. 5.5.1.).

Die Bohrungen bei **21** und **23** trafen Phyllite (Metapelite) an. Mineralisationen wurden hier nicht beobachtet. In der dazwischen liegenden Bohrung

**(22)** wurde Pyrit auf Klüften des Sericitgneises bei 107,6 m, 110,0 und 111,0 m über NN nachgewiesen. Da die nordwestlich von 23 angesetzten Bohrungen in der Taunusstraße (in Abb. 3 und 4 nicht dargestellt) sämtlich unmineralisierten Sericitgneis antrafen, endet das Verbreitungsgebiet der Thermalquellen-Paragenese etwa in Höhe der Jawlenskystraße, ca. 150 m nordwestlich der „Quellenlinie". Vor allem das auffällige Fehlen der Mineralisationen in der Bohrung bei 21 deutet an, daß die Mineralisationen auf den Sericitgneis beschränkt sind und in den Phyllit-Einschaltungen fehlen.

Offenbar stellt die Sericitgneiszone zwischen den beiden schmalen Phyllit-Einschaltungen einen weiteren Aufstiegsweg für Thermalwasser dar. Dies wird nicht nur durch die wahrscheinlich rezente bis subrezente $FeS_2$-Mineralisation in Bohrung 22, sondern auch durch den beachtenswerten Anstieg der oberflächennahen Temperatur des Thermalwassers im Sericitgneis (gegenüber der Temperatur im Phyllit) angezeigt (Abb. 4). Es liegt nahe, den inzwischen überbauten **zweiten Wiesbadener Faulbrunnen (24)** auf diesen Thermalwasserauftrieb zurückzuführen.

Zwischen Kochbrunnen und Adlerquellen sind keine rezenten Thermalwasseraustritte bekannt. Beobachtungen in einem Bauaufschluß des Jahres 1995 sowie Aufschlußbeschreibungen des 18. und 19. Jahrhunderts belegen eine umfangreiche Mineralisation der Thermalquellen-Paragenese in der Saalgasse ca. 50 m nordwestlich dieser Linie.

Die Saalgasse markiert den orographischen Anstieg zum Bergkirchenviertel. Auf mehreren Grundstücken der nördlichen Häuserzeile kann anstehender Sericitgneis beobachtet werden. Er wird von tertiären quarzitischen Feinsandsteinen und quartären Sedimenten überlagert. Bereits im 15. Jahrhundert existierte eine „Steinkaut" oberhalb der heutigen Saalgasse und bis zum 18. Jahrhundert sind weitere kleinere Steinbrüche oberhalb der Saalgasse, an der Nerostraße, der Lehr- und der Steingasse angelegt worden.

Um das Jahr 1780 wurde beim Bau einer Scheune in der **Saalgasse** ein „viele Lachter mächtiges Kieslager" angetroffen. Die genaue Lokalität ist unbekannt. Von Habel in Klipstein (1781: 145–147) stammt eine ausführliche Aufschlußbeschreibung: In der Baugrube in der „Wisbader Saalgaße" war ein grünlicher „Gneiß" (Sericitgneis) aufgeschlossen. Darüber lagerte horizontal ein „Flöz" aus Ton, Sand und „Griesartigen Gestein[-] und Erdlagen", „etwas entfernt" davon ein „gelbgrauer thonigter Erdmärgel", den „eine fruchtbare Dammerde, die aus Leimen und Gewächserde besteht", bedeckte. Der Sericitgneis hatte „seine ihme sonst eigenthümliche Farbe" geändert und war „an einigen Orten ganz gelb braun und schwärzlich". Senkrecht zum Streichen der Schieferung des Sericitgneises beobachtete Habel einige „Adern" aus Quarz. Eine der Quarzadern „zeigte anfänglich etwas Schwe-

felkies, als man aber tiefer hinunter brach, und sprengte, war der Gneiß selbsten davon durchdrungen". Da der Schwefelkies, „dem äussern Ansehen nach", zur Teufe hin „immer mächtiger werden muß", hielt es HABEL „für ein wirkliches sehr mächtiges Kieslager", „welches vermuthlich in einiger Verbindung mit unseren heißen Quellen steht." Im Sericitgneis soll „hier und da" „Gypsspath, oder Frauenglas" eingesprengt gewesen sein. Nach den Beobachtungen an anderen Orten ist damit ganz sicher Schwerspat gemeint, zumal Baryt damals meist dem „Gipsspat" zugeordnet wurde. Diese über zweihundert Jahre alten Beobachtungen von HABEL decken sich vollständig mit denjenigen, die erst vor kurzem in einem weiteren Bauaufschluß in der Saalgasse gemacht werden konnten (s. u.). Vermutlich beobachtete HABEL zudem eine brecciierte Zone im quarzführenden Sericitgneis. Kleinere „Ritzen und offene Klüfte" im Sericitgneis waren „mit einer besondern Art von Stalactit oder Eisenblüthe ausgefüllt, noch andere mit einem sehr feinen Steinmark, das wie Unschlitt aussahe und sich so anfü[h]len lies[s]e".

Die Meldung von Schwefelkies „nahe um Wiesbaden" (KLIPSTEIN 1784: 318) bezieht sich ebenso eindeutig auf HABEL in KLIPSTEIN (1781) wie eine weitere Beschreibung dieses Aufschlusses durch RITTER (1800: 94–95, 181). Nach offensichtlich eigenen Beobachtungen führte RITTER zudem aus, daß sich solche Schwefelkieslager in Wiesbaden früher häufiger „als jetzt" fänden. Alter Tradition folgend und „nach der einstimmigen Meinung, aller lebenden Naturforscher" sah RITTER den Schwefelkies als „Ursprung der Wärme" der Thermalquellen an. Die „nachbarlichen, vorher kalten Quellen" würden durch die Schwefelkieslager „erwärmt, oder erhizt". HABEL (1801: 101) erwähnte nochmals „ein ausserordentliches Stockwerk von Schwefelkies" im „Ganggebürg" nordwestlich („ueber") der Saalgasse, das für die hohe Temperatur des Kochbrunnens verantwortlich sei, die er „vermöge einer angebrachten Leiter" mit 155 Grad F (= 68,3° C) bestimmt hatte, indem er „zugleich eine 19 Fuss lange Stange gerade hinunter stiess".

Beim „Fundamentgraben in den Hofraithen" des Schreiners CHRIST in der **Saalgasse 4–6 (25)** wurde im Jahre 1889 erneut Schwefelkies entdeckt. Er trat an drei verschiedenen Stellen in der Baugrube im Sericitgneis „theils in derben Stücken, theils fein eingesprengt" auf.

Ein gewisser HEINRICH LAUBER, Betriebsführer aus Biebrich-Mosbach, legte daraufhin auf den Fund Mutung ein. Obwohl ihm die Bergbehörde mitteilte, daß der Fundpunkt innerhalb des Schutzbezirkes der Thermalquellen liege und gegen eine Betriebseröffnung gemäß den §§ 67 und 68 des Allg. Berggesetzes für die Preußischen Staaten Einspruch erhoben werden müsse, bestand LAUBER auf einer Verleihung. So wurde ihm am 7. 7. 1890 das „Schwefelkies-Bergwerk Sulphur" verliehen. Zu einem Betrieb ist es selbstverständlich nie gekommen.

Das Museum Wiesbaden bewahrt von dort eine Stufe auf (ohne Slg.-Nr.). Das Etikett gibt an: „Baryt auf Sericitschiefer. Wiesbaden im Hause Saalgasse 6 beim Neubau anstehend gefunden." Ein zweites Etikett, fälschlicher-

weise einem Baryt einer ganz anderen Fundstelle beiliegend, lautet: „Barytspath (Schwerspath) auf Sericit Schiefer zu Tage anstehend im Hause Saalgasse N° 6. (Neubau.) Der Fels wurde weggesprengt 29. Aug. 1889". Sammler war „Rr." aus Wiesbaden, vermutlich AUGUST ROEMER, der damalige Konservator. Die erste Stufe zeigt einen stark zersetzten Sericitgneis mit Lagen von zersetztem Schwefelkies (mit Gips-Neubildung). Auf ihm sitzen bis 1 cm große tafelige Barytkristalle. Ihre Farbe ist gelblich bis bräunlich.

Wenige Meter nordöstlich der Schwefelkies-Verleihung entstand anläßlich der Neubebauung der Grundstücke **Saalgasse 10–14 (26)** im Oktober 1995 ein kurzfristiger Aufschluß. Die Basis des Bauaufschlusses lag bei ca. 120 m über NN, da das neue Gebäude nicht unterkellert wurde. Freigelegt war ein sehr mürber, vermutlich durch Thermalwässer alterierter Sericitgneis. Vor allem im südlichen und südöstlichen Bereich der Baugrube traten mm- bis dm-mächtige (max. 50 cm) Milchquarztrümchen (mit etwas Chlorit) parallel $s_1$, seltener senkrecht dazu, auf. Sie sind durch $s_2$ deformiert.

Ebenfalls im südöstlichen Teil der Baugrube war ein NNW-streichendes postvaristisches Quarztrum aufgeschlossen (170/45 ENE, Messung: H.-J. ANDERLE). Die genaue Mächtigkeit ist nicht bekannt (mind. 30 cm). Einige der geborgenen Gangstücke sind tektonisch beansprucht und weisen Zerscherung und Brecciierung auf. Kleinere, steile bis saigere Quarzgängchen mit Mächtigkeiten von wenigen mm bis cm begleiteten das Haupttrum. An einer Stelle durchschlugen die postvaristischen Quarzgängchen den varistischen Milchquarz. Als frühestes, allerdings nicht immer ausgebildetes Kristallisat des postvaristischen Quarzes wurde roter Eisenkiesel in mm-starken Bändern beobachtet, der auch in eigenständigen, mm-mächtigen Gängchen auftrat. Vorherrschender Quarztypus ist eingewachsener, nicht frei auskristallisierter Kappenquarz mit Längen bis zu 6 cm. Nur in den seltenen Drusenhohlräumen sind Rhomboederflächen entwickelt (max. Kantenlänge: 1,5 cm). Manche Quarze wirken angelöst. Vereinzelt beobachtete ich gebleichte Sericitgneis-Einschlüsse im Quarz.

Die gesamte Quarzmasse wird von zahlreichen unregelmäßig verlaufenden Rissen durchzogen. Die meist bis 1 mm weiten Risse folgen nur teilweise den Korn- und Kristallgrenzen des Kappenquarzes und sind durch palisadenartig aufgebauten Markasit ausgefüllt. In einem Handstück ist ein ca. 1 cm mächtiges Gängchen zu sehen. Die Füllung besteht aus Markasit, der scharfkantige Quarzklasten – ebenfalls palisadenartig – ummantelt und den ehemaligen Hohlraum vollständig ausgefüllt hat (Abb. 6). Die palisadenartige Ummantelung der scharfkantigen Klasten belegt, daß hier eine phreatische bzw. hydrothermale Breccie vorliegt (Kap. 5.5.1.). Neben der Strukturgleichheit der Quarz-Markasit-Breccie aus der Saalgasse mit hydrotherma-

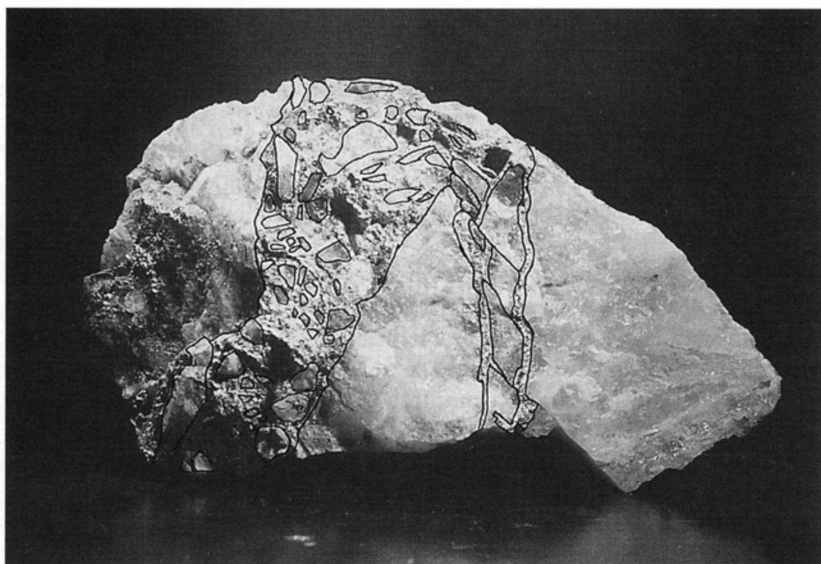


Abb. 6. Phreatische Breccie. Gängchen aus Markasit (dunkel, durch schwarze Linien hervorgehoben) mit Kappenquarz-Klasten (hell) im postvaristischem Quarz. Breite: 8 cm. Baugrube Saalgasse 10–14 (Aufschlußpunkt 26).

len Breccien spricht auch folgende Beobachtung für eine phreatische Entstehung: Die Risse durchziehen in unregelmäßiger, netzartiger Weise den Quarz und unterscheiden sich dadurch von der in vielen Pseudomorphosen- und Kappenquarzgängen im südlichen Rheinischen Schiefergebirge zu beobachtenden tektonisch bedingten Brecciierung. Jene weist regelmäßigere Zerlegungen in Abhängigkeit von Hauptspannungsrichtungen auf und setzt bevorzugt an den Korn- und Kristallgrenzen des Quarzes an.

Folgende Beobachtungen lassen sich im einzelnen machen: In größeren Hohlräumen wie Drusenhohlräumen des Quarzes haben sich nierig-warzig ausgebildete Kristalltapeten von Markasit gebildet. Teilweise besitzen sie einen hohen Glanz; andere Oberflächen sind matt. An einer Probe beobachtete ich einen papierdünnen, ca. 1 cm² großen Markasit, der frei in den Hohlraum hineinragte. Attraktiv sind einzelne, z. T. verzwillingte Markasitkriställchen, die frei auf den die Rhomboederflächen des Quarzes seitlich begrenzenden Kanten sitzen. In teilweise klaffenden Spalten des Quarzes trat weiterhin Schwerspat in Kristallen und Kristallaggregaten auf. Deutlich entwickelt waren lediglich Kristalle in mm-Größe; große tafelige Kristalle (bis zu 5 cm Länge) sind unvollständig auskristallisiert. Manche Barytkristalle werden von hauchdünnem Markasit überzogen. Benachbart sitzende und nicht überwachsene Kristalle weisen Anlösungserscheinungen auf.

In vollkommen identischer Abfolge und Ausbildung traten Markasit und Baryt im benachbarten milchquarzführenden und teilweise brecciierten Sericitgneis auf. Bevorzugtes Substrat des Markasits war hier der Quarz. Markasit und Baryt traten vor allem auf horizontalen Kluftflächen im Milchquarz auf, untergeordnet in anderen Raumlagen. In einem mächtigeren Milchquarztrum in der SE-Ecke der Baugrube beobachtete ich dm-mächtige derbe Massen von blaugrünem Melanterit. Bereits nach wenigen Wochen begann seine Zersetzung.

Schwerspat fand sich weiterhin im SW-Teil der Baugrube. Hier traten ca. 160° streichende, steilstehende (bis ca. 80° nach W und E einfallende) Barytgängchen bis max. 1 cm Mächtigkeit auf. In Hohlräumen konnten sich Kristalle bis zu 1 cm Länge entwickeln. Die mürbe Beschaffenheit des Nebengesteins verhinderte es leider, größere Stufen zu bergen. U.d.M. sind winzige, in den oberflächennahen Partien des Baryts eingewachsene $FeS_2$-Säulchen zu erkennen. Diese sind z.T. leicht gebogen. Das Kristallwachstum ist senkrecht bis schräg zur Kristalloberfläche des Mutterminerals gerichtet. Gelegentlich enden diese merkwürdigen, säulen- bis schlauchförmigen Einschlüsse in einem größer dimensionierten und durch Kristallflächen begrenzten Kopf. Die Winzigkeit der Bildungen verhinderte eine Auflösung u. d. M., so daß offenbleiben muß, ob sie aus Pyrit oder Markasit bestehen.

Eine halbquantitative Analyse (RFA) an einem ca. 1 cm langen Barytkristall im April 1996 (Philips PW 1480) wies 56 % Ba (= 95 % $BaSO_4$), 0,25 % Sr (= 0,56 % $SrSO_4$), 4 % $SiO_2$ sowie Spuren von Al und Fe nach (jeweils Gew. %). Normiert auf 100 % Ba- und Sr-Sulfat ergibt dies den sehr niedrigen $SrSO_4$-Gehalt von 0,59 Gew. % (bei 99,41 % $BaSO_4$).

An anderen Stellen der Baugrube traten > 1 cm große Barytkristalle auf den $s_1$-Flächen des hier brecciierten Sericitgneises auf. Alle Baryte aus diesem Aufschluß weisen die schon bekannten Formen {001} (dominierend) und {110} auf. Diese Tracht kann durch zusätzliche Ausbildung von {010} oder ?{111} modifiziert werden.

An einer weiteren Stelle in der Baugrube durchzogen den alterierten Sericitgneis häufige mm-starke Bändchen von Schwefelkies, von denen aus das Nebengestein teilweise imprägniert wurde. Beobachtet wurden Orientierungen parallel $s_1$ (NE–SW mit SE-Einfallen), saiger in NE–SW-Richtung, saiger in NW–SE-Richtung (ac-Klüfte), aber auch in beliebigen Richtungen regellos das Nebengestein durchziehend. Manche der Gängchen verzweigten sich, um sich nach wenigen Zentimetern wieder zu scharen. Auf schieferungsparallelen Trennfugen kann die Mächtigkeit auf 1 cm anwachsen. Bei Raumtemperatur rasch entstandene Gipsausblühungen belegen, daß zumindest ein Teil des $FeS_2$ aus Markasit besteht. In den dünnen Bändern ist ein

senkrecht zum Salband gerichtetes Kristallwachstum zu beobachten, wie es an anderen Stellen häufig bei Markasit beobachtet werden konnte.

Ob in der Baugrube Pyrit auftrat, ist unsicher. Anhand der Kristallformen konnte ich ausschließlich Markasit bestimmen. Vor allem der mit Sericitgneis und Milchquarz vergesellschaftete Markasit zersetzte sich z.T. vollständig (der Beginn der Zersetzung wird durch die Bildung winziger Gipslocken und -kriställchen angezeigt) innerhalb weniger Monate. Die im brecciierten Kappenquarz sitzenden Markasitkrusten und -kriställchen hingegen haben sich bislang stabil verhalten. Eine halbquantitative RFA-Messung des Markasits wies einen hohen Arsengehalt (im Prozentbereich) und einen nennenswerten Thalliumgehalt nach. Der mit Flammen-AAS bestimmte Goldgehalt lag bei 0,5 ppm.

Als jüngste Bildung treten auf Klüften im Sericitgneis sowie auf Kappenquarz, Baryt und Markasit amorphe, nicht karbonatische Überzüge unterschiedlicher Farben (weißgelblich bis schwefelgelb, rötlichbraun, dunkelviolett) auf. Manche von ihnen besitzen eine lackartig glänzende Oberfläche, andere sind pulverig. Diese Überzüge unterscheiden sich beträchtlich von den allgegenwärtigen oxidischen und hydroxidischen Verwitterungsbildungen im Sericitgneis. Ich sehe sie deshalb als letzte Abscheidung der Thermalquellen und somit als Verockerung an.

Für die Mineralisation in der Baugrube Saalgasse 10–14 läßt sich somit folgende Altersabfolge aufstellen:
1. Markasit
2. Schwerspat
3. Markasit
4. Verockerung
5. Zersatz von $FeS_2$. Bildung von Melanterit

In der Baulücke Saalgasse 18–20 **(27)** und hinter der Saalgasse 22–26 **(28)** konnte ich im Sericitgneis weder Baryt noch Schwefelkies feststellen. Auf Klüften verbreitet sind dort allerdings Verockerungen. Der Sericitgneis wird hier von quarzitischen Feinsandsteinen (evtl. Cerithienschichten in Randfazies, mdl. Mitt. Dr. E. KÜMMERLE) überlagert. Wahrscheinlich ist die Verkieselung hydrothermalen Ursprungs, wie folgende Beobachtungen von STIFFT (1831: 375–376, 522–523) in nicht weit entfernten, heute nicht mehr existierenden Aufschlüssen nahelegen.

In mehreren kleinen, westlich der Nerostraße angelegten und bei Niederschrift seines Werkes bereits verstürzten **Steinbrüchen (76)** war zu Beginn des letzten Jahrhunderts über dem Sericitgneis ein „Hornsteinlager“ aufge-

schlossen (als „Hornstein“ wurden damals - wie noch heute - amorphe bis feinkristalline $SiO_2$-Varietäten bezeichnet). Hier war eine „interessante Erscheinung“ an der diskordanten Auflagerungsfläche zu sehen, die der ausgezeichneten Beobachtungsgabe von STIFFT nicht entging: „Wo nämlich der Hornstein den talkigen Schiefer [Sericitgneis, T. K.] berührte, waren beide Gesteinsarten nicht scharf von einander getrennt, sondern die Hornsteinmasse zog sich auf etwa 1 Zoll Breite, zuweilen auch etwas mehr oder weniger tief in die Schiefermasse hinein; auch einzelne Schieferstückchen lagen an der Grenze im Hornsteine, und mit demselben verwachsen, gleichsam als wäre bei der Auflagerung des Hornsteins die obere Grenze des Schiefers erweicht worden. Der untere Theil des Hornsteins ist hart und giebt am Stahle stark Funken, hat scharfe Kanten und ist an denselben durchscheinend. Nach oben zu wird derselbe allmählich weicher, verliert das Ansehen des Hornsteins und wird nach und nach sandig, so dass er endlich in Schichten eines sandigen Thones übergeht.“ Im Hangenden des Profils folgten Wechsellagerungen von z. T. verkitteten Sanden, Konglomeraten und teilweise kalkhaltigen Schluffen.

Im Vergleich mit anderen Aufschlüssen und Proben aus dem Wiesbadener Thermalquellenbereich erlaubt es die vorzügliche Beschreibung von STIFFT, das „Hornsteinlager“ als hydrothermale Silifizierung der basalen tertiären Sedimente anzusprechen. Für die silifizierenden Lösungen bildete der Sericitgneis aufgrund seiner geringeren Klüftigkeit eine Barriere. Die Lösungen konnten in ihn nur wenige Zentimeter tief eindringen und seine Oberfläche imprägnieren. Über der nach unten abgedichteten Basis konnten sich deshalb im großen Porenvolumen der tertiären Sedimente $SiO_2$-reiche Lösungen ausbreiten, die bei Übersättigung wahrscheinlich amorphe Kieselsäure ausschieden. Ob die von STIFFT beobachteten Sericitgneisbröckchen im Hornstein möglicherweise phreatische Breccien darstellen, sei dahingestellt. Da nicht bekannt ist, in welchem der ehemaligen Steinbrüche STIFFT seine Beobachtungen machte, ist in Abb. 3 eine vermutete Lage eingetragen worden. – Der Sericitgneis in den Steinbrüchen „hinter der Nero’s- und Taunusstraße“ war im übrigen alteriert: er befand sich im „Zustande eines gewissen Aufgelöstseyns“, „wie man dies meistens in der Nähe der Mineralquellen bemerkt“ (STIFFT in RULLMANN 1823: 104; STIFFT in J. P. ZIMMERMANN 1826: 189–190).

Belegstücke aus einem der ehemaligen Steinbrüche an der heutigen Nerostraße gelangten 1814 in die Sammlung von J. W. v. GOETHE. Gesammelt hatte sie L. W. CRAMER. Sechs der 17 Stücke tragen die Fundortbezeichnung „Wiesbaden beym Klapperfeld Steinbruch“. Dieser Steinbruch befand sich an der Nerostraße, da diese bis zur Mitte des vorigen Jahrhunderts auch als „Klapperfeld“ bezeichnet wurde (SCHÜLER 1911). Die restlichen Samm-

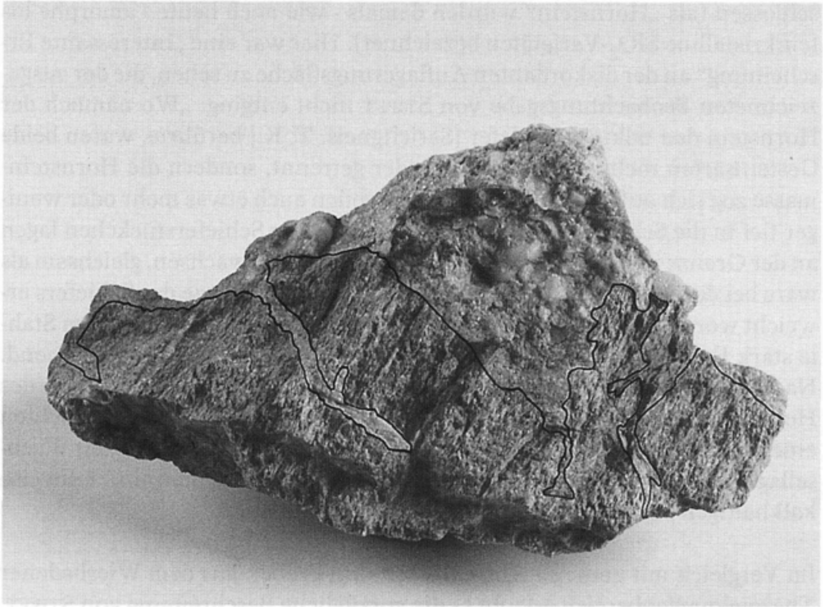


Abb. 7. Diskordante Grenze Sericitgneis–Konglomerat im Handstück (durch schwarze Linie hervorgehoben). Breite: 11 cm. Die hornsteinartige Matrix des Konglomerats dringt in schmalen Spalten bis zu mehreren Zentimetern Tiefe in den Sericitgneis ein. Ehemaliger Klapperfeld-Steinbruch oberhalb der Nerostraße (nahe Aufschlußpunkt 76). Gefunden von L. W. CRAMER, seit 1814 in der geowissenschaftlichen Sammlung von J. W. v. GOETHE (S XV 22 3; mit Genehmigung der Stiftung Weimarer Klassik/Goethe-Nationalmuseums, Weimar). Aufnahme SIGRID GESKE.

lungsstücke wurden erst 1849 mit einem entsprechenden Fundortvermerk beschriftet und trugen vorher die Angabe „Wiesbaden". Von Interesse für die vorliegende Untersuchung sind die Sammlungsstücke S XV 21 23, S XV 22 1–22 9, S XV 22 14 und S III 16 15 (Nr. 6120, 6121, 6122, 6124, 6157, 6158, 6232 bei PRESCHER 1978).

Die Proben aus der GOETHE-Sammlung belegen das Auftreten von z. T. alteriertem Sericitgneis (mit varistischen und postvaristischen Quarztrümchen) und tertiären Sedimenten (hauptsächlich Breccien und Konglomeraten, aber auch Feinsandsteinen und Schluffsteinen). Hauptkomponenten der Sedimente sind Milchquarzklasten; untergeordnet treten Sericitgneiskomponenten auf. Die Grundmasse ist silifiziert und z. T. eisenhaltig (die Matrix einer Probe besteht aus Brauneisenstein). Ockerfarbene, rotbraune und feuerrote Verockerungen treten reichlich auf Klüften des Sericitgneises und in tertiären Sedimenten auf. Auf den Aragonitsinter wurde bereits oben hingewiesen. Eine ca. 11 × 6 × 6 cm große Probe (S XV 22 3, Nr. 6121 bei PRESCHER

1978) dokumentiert die diskordante Auflagerung eines Konglomerates auf Sericitgneis im Handstück (Abb. 7). Die Grenze beider Gesteine weist ein stark gegliedertes Relief auf. Das Konglomerat führt Milchquarzgerölle mit Durchmessern vom mm- bis zum cm-Bereich (max. 5 cm). Seine Matrix besteht aus einer braunen, dichten $SiO_2$-Phase („Hornstein"). Im Sericitgneis treten, von der ehemaligen Oberfläche ausgehend, bis zu mehrere cm tiefe Spalten auf. Zur dominanten Schieferung sind sie unterschiedlich orientiert (schräg, senkrecht und parallel). Sie sind durch die braune hornsteinartige Matrix plombiert. Als jüngste Bildung tritt heller Baryt in strahliger Ausbildung auf. Er sitzt an einer Stelle des Handstücks der $SiO_2$-Matrix auf (in der Negativform eines herausgebrochenen Gerölls).

Die Karte von KOCH (1880b) verzeichnet zwischen Saalgasse (Kreuzung Nerostraße) im N und ‚An den Quellen' (Kreuzung Burgstraße) eine über 350 m lange Zunge von „Thermalquellen-Sinter" (Abb. 13). Aus einer Baugrube „an der Ecke der Webergasse und Kleinen Burgstrasse (Christmannscher Neubau)" – im Bereich der heutigen Straßenbiegung **Webergasse – An den Quellen (29)** gelegen – wurde „Sintersand" in einer Höhe von 112,05 und 112,75 m über NN beschrieben (v. COHAUSEN et al. 1891: 153, Taf. VII, nach einer Mitt. von Baumeister LANG). Moderne Beobachtungen sind mir von hier nicht bekannt, so daß nicht entschieden werden kann, ob dort karbonatische oder oxidische Sinter auftreten.

### 4.2. Geisberg, Leberberg

Von mehreren Lokalitäten am **Geisberg** und am **Leberberg** im NE der Taunusstraße liegen Nachrichten über Funde von Schwerspat und Silifizierungen vor. Diese Fundstellen liegen nicht nur in einem Bereich, der sich außerhalb (nordöstlich) der heutigen Thermalquellenaustritte befindet, sondern zudem in Höhenlagen bis zu ca. 160 m über NN, also weit oberhalb des heutigen Austrittsniveaus der Thermalquellen (ca. 120 m über NN). Sie kennzeichnen deshalb die Lage heute versiegter Thermalquellen. Im betrachteten Bereich am Geisberg und am (geographisch weniger exakt zu fassenden) Leberberg wird der Sericitgneis von randfaziell ausgebildeten sandig-kiesigen Sedimenten der *Corbicula*- bis Hydrobienschichten (unteres Miozän) überlagert. Diese wurden früher in mehreren Sand- und Kiesgruben gewonnen.

Der älteste Hinweis auf eine fossile Barytmineralisation vom Geisberg stammt von F. SANDBERGER (1847: 54, 100). „Am Geisberg bei Wiesbaden erscheinen [...] gelblich gefärbter Sand und Sandstein, wechsellagernd oder überlagert von Hornsteinconglomerat, wie namentlich in bedeutender Mächtigkeit am Judenkirchhof. Sie enthalten Krystalle und krystallinische

Massen von Barytspath, sind aber ganz ohne Versteinerungen. An manchen Sandsteinstücken beobachtet man vollkommen die Form des genannten Minerals, überzeugt sich aber beim Zerschlagen, daß die größte Masse desselben verschwunden ist und nur das bedeutende Gewicht noch dessen Anwesenheit nachweise. Demnach besitzen wir hierin ein vollkommenes Analogon der 'krystallisirten Sandsteine' von Fontainebleau, Stuttgart, Münden und Frankenberg [...]".

Möglicherweise konnte F. SANDBERGER seine Beobachtung bei der nach 1843 erfolgten Erweiterung des jüdischen Friedhofs nach SE (Richtung Lisztstraße) machen. Der alte **Jüdische Friedhof (30)** liegt in einer Höhe von ca. 160 m über NN. Die Angaben von F. SANDBERGER belegen den am höchsten gelegenen Fundpunkt der fossilen Thermalquellen-Paragenese in Wiesbaden, auch wenn mir exakt zugeschriebene Fundstücke von dort nicht bekannt sind.

Die Barytführung bewog F. SANDBERGER dazu, die Sedimente als eigenes Schichtglied auszuhalten („Sandstein mit Barytspath", F. SANDBERGER 1847 bzw. „Barytführender Sandstein", F. SANDBERGER 1851a). Später bezeichnete F. SANDBERGER (1853: 49) diese Schichten als „Blättersandstein", in dem „strahliger Baryt und mit Sand übermengte Zwillingsaggregate" von Baryt gefunden wurden. Eine vermutlich von F. SANDBERGER gesammelte Stufe (Museum Wiesbaden, Slg.-Nr. 742) dokumentiert das Auftreten der durch Baryt verkitteten Sande am Geisberg. Ein aus dieser Zeit stammendes Etikett gibt an: „Sandiger Schwerspath aus dem Blättersandstein. Geisberg b/ Wiesbaden" (ein jüngeres Etikett korrigiert in „Pliozänsand durch Schwerspat verkittet").

Die Stufe besitzt eine Größe von 8 × 6 × 3 cm. Ähnlich den Rockenberger Barytrosen handelt es sich um einen massiven, sandhaltigen Baryt. Seine Farbe ist hellgrau. Vor allem angeschlagene Stellen weisen einen hohen Glanz auf. In den sandarmen reineren Partien sind spätig-strahlige Strukturen bis 1,5 cm Länge zu erkennen, die als „Eisblumenstruktur" beim Schwerspat bekannt ist. In Hohlräumen sitzen mm-große, klare und hochglänzende Barytkristalle.

Unterhalb dieser Stelle waren beim Bau des Anwesens **Geisbergstraße 17–19 (31)** im März 1964 in ungestört lagernden tertiären Konglomeraten und Sandsteinen teilweise klaffende Spalten aufgeschlossen. Ein Teil von ihnen war mit Schwerspat gefüllt. Eine ausführliche Beschreibung stammt von MICHELS (1964). Die fast saiger einfallenden und bis 20 cm mächtigen Spalten wiesen ein „Generalstreichen" von 35° auf (NNE). Sie waren „fast überall" mit einer 2–6 cm starken „Schicht von derbem oder auch tafelför-

migem Schwerspat ausgekleidet". Der Baryt war horizontal von beiden Salbändern aus symmetrisch in die Spalten hineingewachsen, so daß der Hohlraum z. T. vollständig ausgefüllt war. Eine postmineralische Tektonik konnte MICHELS nicht feststellen. Belegstücke finden sich im Museum Wiesbaden.

Ergänzend zu den Beobachtungen von MICHELS kann mitgeteilt werden, daß der von MICHELS als derb bezeichnete Baryt zwar massiv, doch deutlich grobkristallin ausgebildet ist. Er besteht aus hell- bis dunkelgrauen und wirr durcheinander gewachsenen Kristallen mit Kantenlängen bis zu 1 cm. Sie sind auf Sandstein- oder Konglomeratmatrix aufgewachsen. Die Kristalle sind sehr flächenarm aufgebaut. Entwickelt sind lediglich Basispinakoid (vorherrschend), Vertikalprisma und I. Pinakoid. Sie sind nach der b-Achse gestreckt und weisen eine deutliche Zonierung auf. Der Kristallkern ist dunkelgrau, die jüngeren und frei im Spaltenhohlraum gewachsenen Teile der Kristalle sind hellgrau gefärbt und zeichnen Vertikalprisma und I. Pinakoid nach. In die ursprünglich vertikale Lage der Kluftfüllung gedreht, zeigt sich, daß die hangende (obere) Seite der horizontal gewachsenen Barytkristalle von winzigen Barytkriställchen und Kristallsplittern gleicher Kristalltracht, aber jüngeren Alters, bedeckt wird. Diese sind farblos und teilweise vermengt mit ockerfarbenen Krusten, können aber auch von diesen überzogen werden. Baryt kann auch als Bindemittel des Konglomerats auftreten.

Im Liegenden der Baugrube war eine Konglomeratbank mit gerundeten Quarzgeröllen aufgeschlossen. Im Hangenden folgten „wohlgeschichtete Bänke von mit $SiO_2$ verkitteten Sandsteinen". MICHELS (1964: 37) sprach das Konglomerat als Transgressionskonglomerat der „Hydrobien- bzw. Corbiculaschichten (Inflata-Schichten)" und die Sandsteine als „Hydrobien- bzw. Inflataschichten" an. Die Aufschlußunterkante lag bei ca. 140 m über NN.

Aus dem Bereich wenig unterhalb dieses Fundortes hatte bereits F. SANDBERGER (1850: 14) Schwerspat beschrieben. Er berichtete, daß neben dem „Fresenius'schen Hause in der sog. Steinhohl" die Auflagerung des Tertiärs auf Sericitgneis am deutlichsten sichtbar sei (REMIGIUS FRESENIUS hatte 1848 sein Laboratorium im letzten Haus der damaligen Steinhohl, dem heutigen Anwesen Kapellenstraße 13, eingerichtet, CZYSZ 1988). Die Basis des Tertiärs in der Steinhohl wurde von einem groben, horizontal lagernden Konglomerat mit Quarz- und „Schiefer"-Geröllen gebildet, die oft einen Durchmesser von 1–2 Fuß (ca. 30–60 cm) aufwiesen. F. SANDBERGER konnte beobachten, daß die Konglomerate „nach oben durch feinere Conglomerate in gelbgrauen Sand und Sandstein übergehen". „Am Eingange der Steinhohl sind dieselben Conglomeratschichten, aber dunkel gefärbt und mit Einlagerung von ungeheueren Hornsteinblöcken aufgeschlossen. Weiter nach

Osten am Leberberg findet man auch die oberen Lagen, graugelb oder hellbräunlich, theils regelmäßig zu Sandstein verbunden, anderen Theils als lockeren Sand, in welchem große Knollen liegen, die außen überall mit Krystallspitzen besetzt sind und aus einem mindestens 30–40 % Sand enthaltenden Barytspath bestehen. Im Inneren der Knollen und auf Klüften des Gebildes findet sich reiner strahliger oder krystallisirter Barytspath" mit den Formen {001}, {210}, {101} und {010}. Die Kristallform unterscheidet sich also nicht von den rezent gebildeten Schwerspäten. In Abb. 3 ist eine Stelle wenig oberhalb des Beginns der **Steinhohl** (32) eingetragen, doch könnte die von F. SANDBERGER erwähnte Fundstelle noch höher liegen.

Der bemerkenswerte Hinweis auf die großen „Hornsteinblöcke" durch F. SANDBERGER (1850: 14) wird ergänzt durch weitere Beobachtungen. Bereits STIFFT (1831: 375) hatte beobachtet, daß auf Sericitgneis lagernde „Hornsteinlager" den Abhang des Geisbergs „zum Theil" bedecken. So könne man „östlich hinter der Taunus-Strasse am Wege nach dem Geisberge", der seinerzeit etwa im Bereich der unteren Geisbergstraße und des Dambachtals verlief, noch „die letzten Spuren im Ausgehenden des Lagers" finden. Auch F. SANDBERGER (1847: 54) erwähnte vom Geisberg ein mit Sanden und Sandsteinen wechsellagerndes „Hornsteinconglomerat" (s.o.). Da LEPPLA & STEUER (1923: 21) „feste Knollen" in tertiären Sanden am Geisberg (ein genauer Fundort ist nicht bekannt) auf „Verkieselungen" zurückführten, da sie den Verkieselungen „in der Nähe der Quellenverwerfung an der Coulinstraße" ähnlich sähen, liegt es nahe, auch die beschriebenen „Hornsteine" als $SiO_2$-Ausscheidungen heute versiegter Thermen anzusehen.

Bei „einigen Fundament-Grabungen" zwischen **Kapellenweg und Dambachtal (33)** wurden die untermiozänen Sande zu „Barytsandsteinen" verkittet gefunden. Auch „Barytkugeln" wurden gefunden (KOCH 1880a: 16). Das Vorkommen erinnerte KOCH an die bekannten, häufig Fossilreste umschließenden Barytkonkretionen von Bad Kreuznach. Belegstücke in Sammlungen sind mir nicht bekannt. Da KOCH keine genauen Fundorte angab, wurde in Abb. 3 eine vermutete Lage eingetragen.

Trotz umfangreicher Recherchen konnte der genaue Fundort eines Schwerspats im Museum Wiesbaden nicht lokalisiert werden. Das Sammlungsetikett gibt an: **„Oberer Keller am Geisbergweg" (34).** Lage und Ausdehnung des Geisbergwegs haben sich bis heute nicht geändert; die Existenz von Bierkellern „am Geisbergwege" wird auch von F. SANDBERGER (1851b) bestätigt. Die Slg.-Nr. (O. S. 1207) verweist auf die ehemalige Oryctognostische Sammlung des Museums, so daß das Fundjahr vor 1842 liegen muß. Der Eintrag in Abb. 3 an einer Stelle, an der sich noch heute alte Felsenkeller befinden, gibt deshalb nur die vermutete Lage wieder.

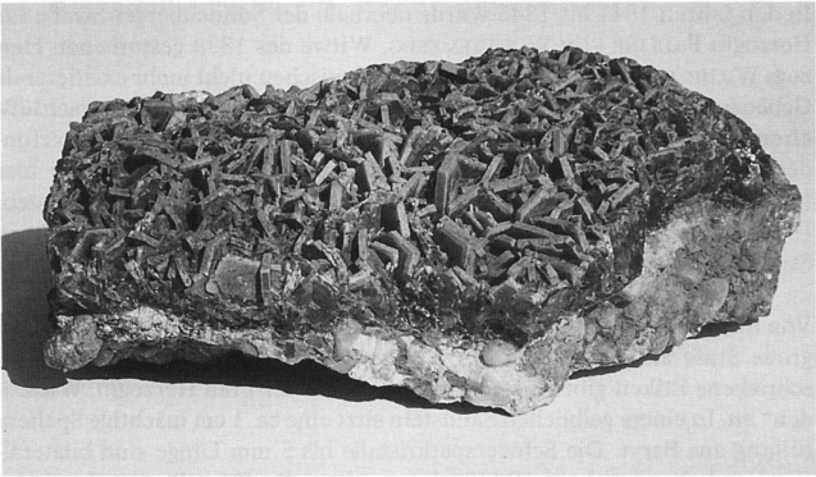


Abb. 8. Ca. 1 cm mächtige Spaltenfüllung aus Baryt (mit frei ausgebildeten Kristallen) aus vertikaler Spalte in tertiärem Konglomerat. Breite: 13 cm. Gefunden vor 1842 im „Oberen Keller“ am Geisbergweg (Aufschlußpunkt 34). Museum Wiesbaden, Mineralogische Sammlung (O.S. 1207).

Basis der Stufe (11 × 9 × 3 cm) ist ein verfestigtes Konglomerat mit zahlreichen gut gerundeten Milchquarzgeröllen, das einer randfaziellen Ausbildung der *Corbicula*- bis Hydrobienschichten angehört. Die Matrix des Konglomerats ist teilweise limonitisch. Die Schichtung des Konglomerats erlaubt es, die Stufe in die ursprüngliche Orientierung zu drehen. So kann abgelesen werden, daß einer vertikal stehenden Kluftfläche des Konglomerats ein ca. 1 cm mächtiges Schwerspatgängchen aufgewachsen ist, das aus massivem und spätigem Baryt besteht. Zum offenen Kluftraum hin haben sich horizontal gewachsene Barytkristalle entwickeln können. Sie sind flachtafelig ausgebildet und besitzen Längen von 5–10 mm (Abb. 8). Ausgebildet sind Basispinakoid, Vertikalprisma und I. Pinakoid. Die Kristalle weisen eine deutliche Zonierung auf. Der Kristallkern (mit Blick auf das Basispinakoid) ist dunkelgrau, die äußeren Millimeter der Kristalle sind hellgrau bis bräunlich und zeichnen somit Vertikalprisma und I. Pinakoid nach. Ein Teil der Kristalle ist von einer dünnen Limonithaut überzogen. Betrachtet man das vertikal stehende Gangtrümchen, wird die Oberfläche der horizontal gewachsenen Barytkristalle von winzigen Barytkriställchen gleicher Kristalltracht besetzt. Diese sekundären Barytkriställchen bilden somit eine geologische Wasserwaage. Rotbraune Überzüge können sowohl auf hangenden wie auch auf liegenden Flächen der Kristalle auftreten. Die Ausbildung der Kristalle erinnert an die oben beschriebenen Kristalle des Aufschlußpunktes 31.

In den Jahren 1841 bis 1845 wurde oberhalb der Sonnenberger Straße für Herzogin PAULINE VON WÜRTTEMBERG, Witwe des 1839 gestorbenen Herzogs WILHELM, ein Palais errichtet. Das inzwischen nicht mehr existierende Gebäude wurde Palais Pauline genannt und ist heute als **Paulinenschlößchen (35)** bekannt. Beim Bau des Palais wurde ebenfalls Schwerspat gefunden. F. SANDBERGER in THEOBALD & RÖSSLER (1851: 193) gab von hier („Neues Palais bei Wiesbaden") bekannt: „Barytführender Sandstein (Braunkohlensandstein)" mit „Knollen von sandigem Baryt, Barytspath xx, Strahliger Baryt."

Von diesem Fundort bewahrt das Museum Wiesbaden eine ca. 3 × 3 × 1 cm große Stufe auf (ohne Slg.-Nr.). Das vermutlich von F. SANDBERGER geschriebene Etikett gibt als Fundort das „Palais der Frau Herzogin. Wiesbaden" an. In einem gelblichen Sandstein sitzt eine ca. 1 cm mächtige Spaltenfüllung aus Baryt. Die Schwerspatkristalle bis 5 mm Länge sind bilateralsymmetrisch gewachsen. Endflächen weisen die Kristalle nur in einem Hohlraum auf. Wie die anderen Funde vom Geisberg und Leberberg ist auch dieser Baryt zoniert. Basis und Spitzen der Kristalle sind gelb, die mittleren Bereiche dunkelgrau. Der Baryt dürfte in einer Höhe von ca. 140 m über NN gefunden worden sein.

### 4.3. Adlerquellen-Areal

Die Große Adlerquelle (auch Alte Adlerquelle genannt) und ihr Satellit Kleine Adlerquelle schütteten bis zur Neufassung der Quellen 1953/54 zusammen täglich 500 $m^3$ Thermalwasser mit einer Temperatur von ca. 67° C (MICHELS 1955: 113; 1961: 1219). Die Quellenspiegel liegen bei 118,66 bzw. 118,75 m über NN (MICHELS 1966: 24, 27). Vom Gelände des Gast- und Badehauses zum Adler sind zudem zwei je 19–20° C kalte Quellen bekannt (RULLMANN 1823: 146; STIFFT 1831: 576). – Aus dem Quelltümpel der Großen Adlerquellen wurden etwa 60 Steinartefakte geborgen, die heute in das Gravettien des mittleren Jungpaläolithikums gestellt werden (MICHELS 1961, 1966; FLOSS 1991).

In den Jahren 1953/54 wurden beide Adlerquellen neu gefaßt. Im Quelltümpel der Großen Adlerquelle wurde zunächst eine 7,4 m tiefe Versuchsbohrung (als „Tastbohrung" und „Bohrung I" bezeichnet) und anschließend eine 115 m tiefe Hauptbohrung abgeteuft. Über die Versuchsbohrung hat MICHELS mehrfach berichtet (u.a. MICHELS 1955: 116–117; 1963: 5; 1966: 24–26); ein (vereinfachtes) Profil der tiefen Bohrung wurde von MICHELS (1966: 26-27) veröffentlicht. Die Kleine Adlerquelle wurde durch eine 10,7 m tiefe Bohrung erschlossen (Profil bei MICHELS 1966: 27–28).

Ein zusammengesetztes Profil beider Bohrungen der **Großen Adlerquelle (37)** zeigt folgendes Bild (n. MICHELS 1955; 1961; 1963; 1966): Bis 112,86 bzw. 113,12 m über NN wurden quartärer Grobsand und „Bachkies" angetroffen. Die obersten Dezimeter der Schicht waren durch festen Quellensinter (überwiegend $CaCO_3$ mit etwa 5 % Eisenhydroxid) verbacken. Der versinterte Horizont wirkte stauend, so daß nach dessen Durchbohren ein „bemerkenswerter Auftrieb" des gespannten Thermalwassers im Bohrloch festzustellen war. Die Gerölle unter dem versinterten Horizont waren mit einer „Patina von Schwefelkies" überzogen. Bei 114,36–114,66 wurden neben zahlreichen Säugerresten (u. a. Zähnen) die bereits erwähnten Steinartefakte geborgen. Bachgerölle, die Schmelzkappen der Zähne sowie die Werkzeuge waren ebenfalls mit einer dünnen Pyritschicht überzogen. Vor allem Quarzgerölle zeigten „eine sehr intensive glasurartige Oberfläche", die MICHELS auf „Lösungsvorgänge durch das Quellwasser" zurückführte.

Bis zur Endteufe von 3,6 m über NN wurde an einigen Stellen kaolinitisierter Sericitgneis mit zahlreichen Quarztrümchen und -gängchen erbohrt. Da MICHELS keine Unterscheidung zwischen varistisch und postvaristisch gebildetem Quarz vornahm, muß die Natur des Quarzes offenbleiben. Die Paragenese Quarz-Albit bezeugt zumindest für eine Stelle, daß varistischer Milchquarz angetroffen wurde, da Albit in postvaristischen Mineralisationen in der Vordertaunus-Einheit nicht auftritt. Im Sericitgneis wurde Schwefelkies von dessen Hangendgrenze (113,12 m über NN) bis zur Teufe von 9,96 m über NN angetroffen. Die massivsten $FeS_2$-Ausscheidungen (in Trümern, Adern und Klüften) traten in den oberen 60 Metern (bis 58,7 m über NN) auf. In dieser Teufe wurde auch die höchste Wassertemperatur (70° C) gemessen. Die Trümchen besaßen maximale Mächtigkeiten von 5–6 mm (MICHELS 1955: 117 – die Angabe von 5–6 **cm** Mächtigkeit in MICHELS 1961: 1220 beruht auf einem Irrtum). Untergeordnet trat $FeS_2$ auf Schieferungsflächen auf. Das hauptsächliche Auftreten von fein verteiltem und eingesprengtem Schwefelkies lag unterhalb dieser Marke. Bevorzugte Zonen der massiveren $FeS_2$-Bildungen sind Quarztrümer. Die Mineralisation liefert somit einen Hinweis auf die Hauptwasserwegsamkeiten: Das Thermalwasser nutzte zum Aufstieg überwiegend die (im Vergleich mit dem Sericitgneis) klüftigeren Quarze.

„Hier und da" sollen in der Bohrung „Baryt-Trümchen" bzw. „Baryt-Schnürchen" angetroffen worden sein (MICHELS 1955: 117; 1961: 1220; 1963: 6). Allerdings ist das Auftreten von Schwerspat weder in der von MICHELS erstellten Schichtenbeschreibung der Bohrung noch bei MICHELS (1966) dokumentiert, so daß offenbleiben muß, ob tatsächlich Baryt gefunden worden ist. Möglicherweise unterlief MICHELS eine Verwechslung mit der Brg. Kleine Adlerquelle (s. u.).

In der Bohrung **Kleine Adlerquelle (38)** wurde folgendes Profil angetroffen:

- 115,53 m über NN: Sand und Quarzkies (Holozän) mit Schwefelkieshäutchen
- 115,45 m über NN: Holozäner ockergelber Quellensinter
- 113,27 m über NN: Pleistozäne Kiese, z.T. mit Schwefelkiesüberzug, die obersten 40 cm mit ockergelbem karbonatreichem Quellensinter und dünnem Schwefelkiesüberzug auf der Sinteroberfläche
- 108,05 m über NN: Sericitgneis

Der Sericitgneis führte z.T. „sehr viel Schwefelkies" und „Schwefelkiesschnüre". In den unteren Metern wurde ein nicht näher beschriebener Quarz durchbohrt. Bei 108,05–109,75 m über NN traf man einen quarzdurchtrümerten Sericitgneis „mit Kaolinschnüren und Ausscheidungen von Schwerspat" an.

Drei Proben aus 7 m Teufe (ca. 111,75 m über NN) aus der Sammlung des Museums Wiesbaden (Slg.-Nr. 54.5.01) konnten untersucht werden. Der grüne Sericitgneis ist reichlich mit grauen Quarzadern varistischen Alters durchzogen und enthält viel grünen Sericit. Auf $s_1$ bezogen unterschiedlich orientierte Klüftchen sind mit mm-dicken Krusten von Schwefelkies und einem Schachtelwerk von mm-langen, zierlichen Barytkristallen besetzt. Die flachtafelig-idiomorph ausgebildeten durchsichtigen Schwerspatkristalle weisen einen hohen Glanz auf. Pyrit tritt in Krusten, kugelig-nierigen Aggregaten und etwa 1/10 mm großen Kristallen auf. Folgende Flächen wurden beobachtet: (100) = Würfel, (210) = Pyritoeder, (111) = Oktaeder. Die Würfelflächen sind z. T. undeutlich gestreift. Markasit ist, unter Bildung von winzigen Gipskriställchen und von ged. Schwefel, bereits in Zersetzung begriffen.

## 4.4. Schützenhofquellen-Areal

Über die Lage der Aufschlußpunkte in der unmittelbaren Umgebung der Schützenhofquelle (heute: Parkhaus Coulinstraße) informiert Abb. 9.

Die **Schützenhofquelle (39)** unterscheidet sich durch eine geringere Temperatur (49° C bzw. 46,9° C im Jahre 1980) und einen geringeren Gesamtgehalt gelöster fester Bestandteile von den im NE gelegenen Hauptquellen. Dies wird auf die Zumischung von Süßwasser entlang eines Quarzganges zurückgeführt (LEPPLA & STEUER 1923: 47; MICHELS 1955: 113; 1961: 1219). Der Spiegel der Schützenhofquelle lag 1947 bei 119,94 m über NN (MICHELS 1966: 23).

Beschreibungen von THOMÄ (1843: 225, Fußn. 2), BRAUN (1852/53, Tl. I: 5, 52), WINTER (1880: 29) und WINTER in H. FRESENIUS (1886: 22) zufolge be-

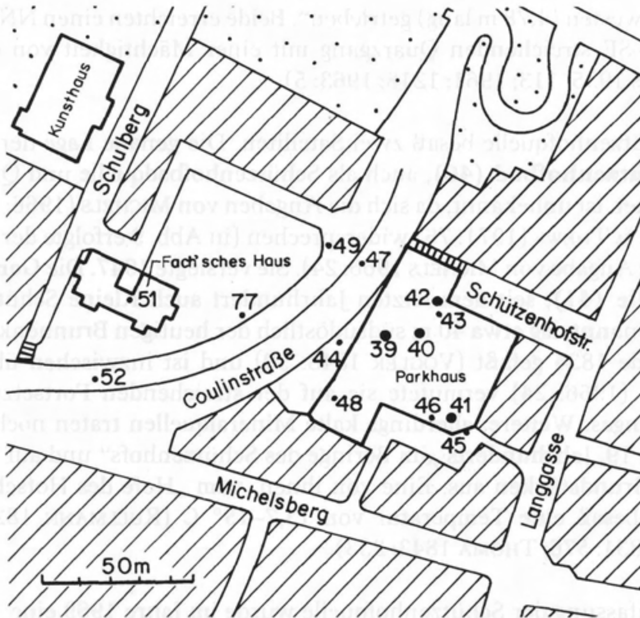



Abb. 9. Situationsskizze Schulberg – Schützenhofquelle.
39: Schützenhofquelle bis 1969 (zugleich römische Quellfassung).
40: Schützenhofbadquelle (Quelle 26) n. MICHELS (1966).
41: Gemeindebadquelle (Kleine Schützenhofquelle).
42: Schützenhofquellen-Bohrung von 1969.

stand der frühere Quelltümpel der Schützenhofquelle aus Kies, in dem bis zu 3 $m^3$ große weiße „Quarzblöcke“ eingebettet waren. Bei der Errichtung des Parkhauses Coulinstraße wurde ein wenige Meter breiter Streifen von der Betonverschalung ausgespart. Dieses heute noch zugängliche „geologische Fenster“ liegt in einer Höhe von ca. 119–122 m über NN. Es zeigt ein teilweise verfestigtes Konglomerat, dessen Komponenten überwiegend aus Kappenquarz, untergeordnet aus Sericitgneis und Quarzit bestehen. Deren Größe schwankt vom cm-Bereich bis hin zu 1 m. Überwiegend sind sie gut zugerundet, doch finden sich auch eckige bis kantengerundete Komponenten. Verockerungen (rotbraune und ockerfarbene Verfärbungen) haben sich an der Oberfläche der Gerölle und in der sandigen Grundmasse festgesetzt und belegen, daß thermale Wässer das Sediment, das überwiegend den Abtragungsschutt eines postvaristischen Quarzganges darstellt, längere Zeit durchströmt haben.

1947 wurde die Schützenhofquelle saniert. Von der Sohle des Quelltümpels aus (118,0 m über NN) wurden dabei „zwei Stränge nach Westen (4 m lang)

und Südwesten (4,78 m lang) getrieben". Beide erreichten einen NNW–SSE bis NW–SE streichenden Quarzgang mit einer Mächtigkeit von ca. 1 m (MICHELS 1955: 113; 1961: 1218; 1963: 5).

Die Schützenhofquelle besaß zwei Satelliten. Die genaue Lage der **Quelle am Schützenhofbad (40)**, auch als Schützenhofbadquelle und Quelle 26 bezeichnet, ist unbekannt, da sich die Angaben von MICHELS (1966: 24) und MICHELS & THEWS (1971: 76) widersprechen (in Abb. 9 erfolgte der Eintrag nach der Angabe von MICHELS 1966: 24). Sie versiegte 1947. Die **Gemeindebadquelle (41)**, seit dem letzten Jahrhundert auch Kleine Schützenhofquelle genannt, lag etwa 40 m südsüdöstlich der heutigen Brunnenkammer. Sie wurde 1834 gefaßt (VOGLER 1848: 50) und ist inzwischen überbaut. MICHELS (1966: 24) vermutete sie auf der streichenden Fortsetzung des Quarzganges. Weitere, allerdings kalte Mineralquellen traten noch zu Beginn des 19. Jahrhunderts „im Beringe des Schützenhofs" und auf benachbarten Grundstücken aus. Eine von ihnen, vom „Hofe des Hofschreiners Stiehl", besaß eine Temperatur von 13,7–15° C (RULLMANN 1823: 146; STIFFT 1831: 576; THOMÄ 1843: 233).

Zur Neufassung der Schützenhofquelle wurde im Jahre 1969 eine 125,5 m tiefe Bohrung **(42)** niedergebracht (MICHELS & THEWS 1971). Unter 6,6 m mächtigen miozänen Sedimenten wurde zwischen 113,15 m über NN und 5,75 m unter NN (Endteufe) Sericitgneis angetroffen. Zwischen 67,75 und 110,75 m über NN wurde ein postvaristischer Quarzgang durchbohrt, aus dem das Thermalwasser mit einer Temperatur von 49° C zutrat.

Meine Interpretation der Schichtenbeschreibung zeigt Abb. 10. Für den Quarzgang nehme ich in Übereinstimmung mit Messungen an benachbarten Gängen und der allgemeinen Regel der Fächerstellung dieser Gänge im Taunus ein Einfallen von etwa 70° nach NE an. In der Mitte des etwa 14–15 m mächtigen Ganges trat Pseudomorphosenquarz auf. Die Schichtenbeschreibung gibt für den Bereich von 51,75–61,75 m über NN einen stark quarzdurchtrümerten Sericitgneis an. Die ungenaue Beschreibung läßt offen, ob ein liegendes Trum des postvaristischen Quarzganges oder aber eine varistische Verquarzung (mit Milchquarz) durchörtert worden ist. Ich habe mich für die erste Möglichkeit entschieden, da das im Profil konstruierte Ausstreichen des angenommenen liegenden Trums mit dem in der alten Schützenhofquelle nachgewiesenen Quarzgang zusammenfällt und im Areal des Schützenhofes noch ein dritter postvaristischer Quarzgang (46, s. u.) im Liegenden des Hauptganges nachgewiesen ist.

Der in der Bohrung angetroffene Schwefelkies war an drei Zonen gebunden. In Analogie zur Kochbrunnen-Bohrung waren die hangenden 30 cm des Se-

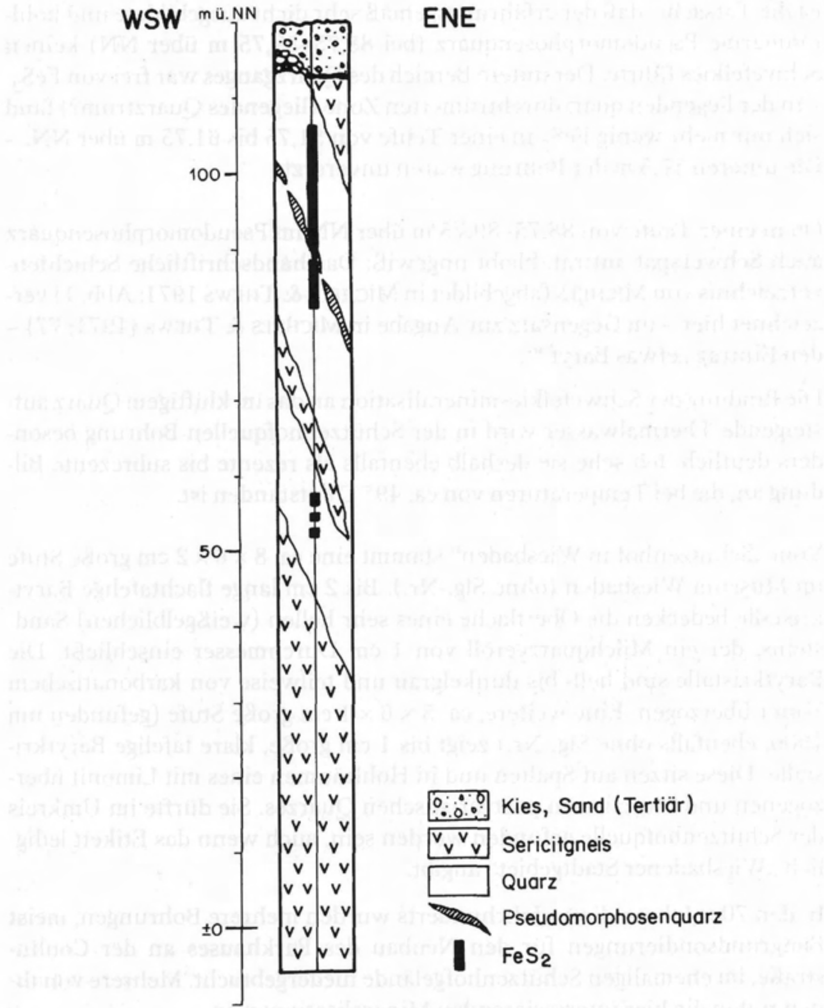



Abb. 10. Geologisches Profil der Schützenhofquellen-Bohrung nach Angaben von MICHELS & THEWS (1971).

ricitgneises, an der Grenze zum auflagernden Tertiär (112,85–113,15 m über NN), „völlig“ verkiest, also mit Schwefelkies durchsetzt. – Im Quarzgang trat „viel“ und z. T. „außerordentlich viel“ Schwefelkies bei 82,25–88,75 und 89,75–106,25 m über NN auf. Die Schwefelkiesführung war also auf den hangenden Teil des Quarzganges beschränkt. Er dürfte sich – auch wenn die Schichtenbeschreibung keine Angaben macht – in Klüften und Hohlräumen des Quarzes vorgefunden haben. Ein Indiz für diese Annahme

ist die Tatsache, daß der erfahrungsgemäß sehr dicht ausgebildete und hohlraumarme Pseudomorphosenquarz (bei 88,75–89,75 m über NN) keinen Schwefelkies führte. Der untere Bereich des Quarzganges war frei von $FeS_2$. – In der liegenden quarzdurchtrümerten Zone (liegendes Quarztrum?) fand sich nur mehr wenig $FeS_2$ in einer Teufe von 51,75 bis 61,75 m über NN. – Die unteren 57,5 m der Bohrung waren unvererzt.

Ob in einer Teufe von 88,75–89,75 m über NN im Pseudomorphosenquarz auch Schwerspat auftrat, bleibt ungewiß: Das handschriftliche Schichtenverzeichnis von MICHELS (abgebildet in MICHELS & THEWS 1971: Abb. 1) verzeichnet hier – im Gegensatz zur Angabe in MICHELS & THEWS (1971: 77) – den Eintrag „etwas Baryt?".

Die Bindung der Schwefelkiesmineralisation an das im klüftigem Quarz aufsteigende Thermalwasser wird in der Schützenhofquellen-Bohrung besonders deutlich. Ich sehe sie deshalb ebenfalls als rezente bis subrezente Bildung an, die bei Temperaturen von ca. 49° C entstanden ist.

Vom „Schützenhof in Wiesbaden" stammt eine ca. 8 × 6 × 2 cm große Stufe im Museum Wiesbaden (ohne Slg.-Nr.). Bis 2 cm lange flachtafelige Barytkristalle bedecken die Oberfläche eines sehr hellen (weißgelblichen) Sandsteins, der ein Milchquarzgeröll von 1 cm Durchmesser einschließt. Die Barytkristalle sind hell- bis dunkelgrau und teilweise von karbonatischem Sinter überzogen. Eine weitere, ca. 5 × 6 × 1 cm große Stufe (gefunden um 1900, ebenfalls ohne Slg.-Nr.) zeigt bis 1 cm große, klare tafelige Barytkristalle. Diese sitzen auf Spalten und in Hohlräumen eines mit Limonit überzogenen und brecciierten postvaristischen Quarzes. Sie dürfte im Umkreis der Schützenhofquelle gefunden worden sein, auch wenn das Etikett lediglich „Wiesbadener Stadtgebiet" angibt.

In den 70er Jahren dieses Jahrhunderts wurden mehrere Bohrungen, meist Baugrundsondierungen für den Neubau des Parkhauses an der Coulinstraße, im ehemaligen Schützenhofgelände niedergebracht. Mehrere von ihnen trafen die hier interessierenden Mineralisationen an.

Pyrit saß auf „Serizitgneisbrocken" bei 104,8–108,8 m über NN in einer der Schützenhofquellen-Bohrung benachbarten Bohrung **(43)**. An der NW-Wand des Parkhauses **(44)** steht unter tertiären Sedimenten der postvaristische Quarz wahrscheinlich an (113,0–114,1 m über NN). Eine von mir untersuchte Kernprobe (leg. Dr. H. TANGERMANN) zeigt tektonisch brecciierten und z.T. rot gefärbten Pseudomorphosen- und Kappenquarz. In Hohlräumen, Rissen und Klüften (Länge: bis > 5 cm, Stärke: max. 2 mm) tritt Pyrit (in Hohlräumen auch in winzigen Kriställchen) und Markasit auf.

Im Gemeindebadgäßchen **(45)** wurden bei 110,3–111,2 m über NN sandig-schluffige Sedimente mit Quarz und verwittertem Sericitgneis erbohrt, die viel „Pyritknollen"

und diffus verteilten Pyrit enthielten. Nur wenige m davon entfernt **(46)** enthielt bei 109,3–111,8 m über NN der verquarzte Sericitgneis „viel Pyrit".

Ein 21 cm langes Kernstück, das einer der Baugrundbohrungen für das Parkhaus Coulinstraße entstammt, einer bestimmten Bohrung aber nicht mehr zuzuordnen ist, besteht z.T. aus massivem Pyrit. Der Pyrit tritt mit einem ockerfarbenen Eisenerz auf, in das der Pyrit offensichtlich eingedrungen ist. Im Pyrit schwimmen gerundete und kantige Bruchstücke von postvaristischem Quarz bis 1 cm Durchmesser und zersetzte und gebleichte Gesteinsfetzen.

Eine „Schwefelkiesknolle" aus dem Bereich der Wiesbadener Innenstadt zwischen Schützenhofquelle und Kochbrunnen läßt erkennen, daß $FeS_2$ in ein sehr feinkörniges Sediment eingedrungen ist. Die Schichtung wird durch eine Lage von kleinen Geröllen (5–10 mm Durchmesser) ausgewiesen. Diese sind teils gut gerundet, teils kantig und bestehen aus Milchquarz, ?postvaristischem Quarz und Hornstein. Entlang von feinen Rissen und Sprüngen ist Schwefelkies auch in die Gerölle eingewandert. Auf horizontalen und vertikalen Klüften (bis 2 mm Spaltenbreite) hat sich Markasit in Krusten und bis 1 mm großen Kristallen abgesetzt. Die kompliziert gebauten Kristalle sind häufig verzwillingt und gelegentlich subparallel verwachsen.

## Exkurs: Die Sintermasse im Schützenhof

Mindestens seit der Zeit der römischen Besatzung wurde die Schützenhofquelle zu Badezwecken genutzt. Seit dieser Zeit haben zahlreiche Baumaßnahmen das Gelände der Quelle stark verändert. Aus Berichten des 18. Jahrhunderts läßt sich dennoch rekonstruieren, daß die Schützenhofquelle früher karbonatischen Quellensinter abgeschieden hat.

In den Jahren 1783–1795 wurde an der Stelle des alten Badhauses zum Schützenhof ein Neubau errichtet (Dorow 1819: 61-64; Czysz 1994: 62 ff.). Seine Hauptfront umfaßte die heutigen Grundstücke Langgasse 6–18; zum Anwesen gehörte das Gelände der noch nicht existierenden (unteren) Schützenhofstraße. Nach Aufzeichnungen des Stadtbaumeisters Weber aus dem 18. Jahrhundert (Dorow 1819: 63–64) wurde zur Vergrößerung des Hofraumes des Schützenhofes eine „Felsen=Masse" von 80 Fuß Länge (ca. 24 m), 30 Fuß Breite (ca. 9 m) und 11 Fuß Höhe (ca. 3,3 m) abgetragen. „Diese Felsen bestanden aus einer quarzartigen schwarzen mit ochergelben [sic] Untermischungen versehenen Masse, ähnlich dem Senner [= Sinter, T. K.], welcher sich jährlich in den Kanälen der warmen Quellen ansetzt [...]. In dieser Felsen=Masse fand man versteinerte Knochen und Holzarten, auch mehrere römische Münzen. Alle diese Merkwürdigkeiten wurden dem Hofkammerrath Habel überliefert [...]". Habel (1801: 96–97) charakterisierte das Gestein als eine „Kalksteinart", die „ganz isolirt" und ausschließlich am Schützenhof auftrete. Der „Tufstein" bzw. „Duxstein" sei „von grauer, brauner und schwarzer Farbe, porösem Gewebe" und bislang „noch nicht

mineralogisch beschrieben". Von „flüchtigen Reisenden" werde das Gestein „oftmal in meiner Gegenwart für eine vulcanische Schlacke oder Lava gehalten", verdanke aber „ganz allein dieser klaren Quelle [...] seinen Ursprung und Dasein". Bei den Bauarbeiten, als „ein grosser Theil von diesem Felsen weggebrochen, der andere vermauert wurde", wurden „mehrere Knochen von Thieren" gefunden. „Einige dieser Knochen waren lang, dem Knochen vom Schienbein des Menschen ähnlich, und die Markhöhlung war mit Kalkkrystallen der dreiseitigen Pyramide, welche man auch sonst Schweinszähne nennt, besetzt".

Unzweifelhaft handelte es sich bei der abgetragenen Gesteinsmasse um karbonatische Sinterablagerungen der Schützenhofquelle. Unter „Tuffstein" wurde seinerzeit ein „Sediment, welches durch Absetzen eines erdhaltigen Wassers entstanden ist", verstanden (RICHTER 1806: 477).

Die genaue Lage dieser Sintermasse ist unbekannt. Fest steht, daß sie nicht direkt an der Schützenhofquelle gefunden wurde. DOROW (1819: 63–64) stellte nämlich fest, daß die Schützenhof-Therme früher an einem anderen Ort ausgetreten sein müsse: Das Quellwasser habe „seinen Lauf" nicht dort gehabt, „wo es gegenwärtig [...] zu Tage kommt", sondern „seinen Weg über die gedachte Felsen=Masse nach dem römische Bade genommen", dessen Lage allerdings ebenfalls unbekannt ist. Eine Mitteilung von HABEL (1801: 97) legt zudem eine gewisse Entfernung zu der römischen Fassung der Schützenhofquelle, die sich an der Stelle der alten Schützenhofquelle befand (die Lage ist in dem von CZYSZ 1994: 61, Abb. 40 reproduziertem Plan falsch eingezeichnet), nahe: So sei das Gestein mindestens seit der Zeit, „als die Römer diese Wiesbadische Quelle fassten, vorhanden, weil wenigstens von dieser Zeit an dieses Gestein ganz trocken stand". Folgerichtig sprach HABEL deshalb Sinter und Knochen ein vorrömisches Alter zu, wenn auch seine Vermutung, die Knochen seien Überreste „von den uralten Bewohnern, die sich darin gebadet, und unversehens verunglückt sind, wie bei heissen Bädern sehr leicht geschehen kann", heute belustigend wirkt.

Zwei Proben von „Kalksinter" aus der Sammlung von CHRISTIAN FRIEDRICH HABEL, darunter ein „Blättriger gelber Kalksinter in einem röm. Bad zu Wiesbaden", also wohl von diesem Fundort stammend, gelangten in die Sammlung von J. W. v. GOETHE. GOETHE hatte sie 1814 von dessen Sohn, FRIEDRICH GUSTAV HABEL, erhalten. Beide Stücke sind nicht mehr erhalten (PRESCHER 1978: 358).

### 4.5. Michelsberg, Schulberg

Die Erhebung oberhalb (nordwestlich) der Schützenhofquelle wird als Michelsberg und seit der Errichtung zweier Schulen im letzten Jahrhundert auch als Schulberg bezeichnet. Auch die Bezeichnung Heidenberg war früher im Gebrauch. Der Bergrücken wird aus sandigen, z.T. verkieselten Sedimenten des Miozän aufgebaut, die von LEPPLA & STEUER (1922) als Pliozän angesehen worden sind. Baryt, $SiO_2$- und oxidische Sinterbildungen

sind im gesamten Areal oberhalb des Schützenhofes verbreitet und belegen, daß die Schützenhofquelle früher in einem bedeutend höher liegendem Niveau als heute ausgetreten ist. In dem inzwischen bebauten Gebiet fehlen heute natürliche Aufschlüsse. Vor der Bebauung zogen optisch auffällige Verfärbungen der durch die Thermalwässer alterierten und als Quellensinter angesehenen Gesteine am Michelsberg die Blicke von Naturforschern und später auch von Wissenschaftlern auf sich. So verwundert es nicht, daß die Kenntnis vom ursprünglich höheren Austrittsort der Schützenhofquelle annähernd 200 Jahre alt ist.

Diese Erkenntnis geht auf HABEL (1801: 100–101) zurück, der eine erste Beschreibung der Sandsteine vom Schulberg gegeben hatte. HABEL machte seine Beobachtungen über dem „ehemaligen, vor verschiedenen Jahren aber verschütteten Eiskeller, oder auf dem sogenannten Michelsberge". Nach dem Plan von ANONYMUS (1701) lag die „Eisgrub" oberhalb des Schützenhofes, wenig außerhalb der damaligen Stadtmauer. Um 1821 (QUERFELD o.J.) wurde als „Eiskeller" die damals nicht bebaute Fläche im Bereich zwischen Schwalbacher Straße, Schulberg und Hirschgraben bezeichnet. Ein damals über dem sog. Eiskeller angelegter Trinkwasserhochbehälter (KOPP 1986: 35) befand sich an der N-Ecke der heutigen Tiefgarage.

HABEL beobachtete „über 150 und mehr über einander ruhende, ganz deutlich abgesonderte Erd- Sand- und Steinflötze oder Lager, welche sich durch ihre Verbindung, innern Gehalt, Grade der Verhärtung, Verschiedenheit ihrer Dicke oder Mächtigkeit, abwechselnden Grad von Schwere, von einander unterscheiden. Sie lagern sich gerade [*horizontal*, T. K.] über der Schützenquelle" und „nahmen zum Teil sogar die braune Farbe von dieser unter ihnen befindlichen Quelle, welche Eisen enthält", an. HABEL vermutete deshalb, daß die Schützenhofquelle in früheren Zeiten, bevor sich der Quellaustritt am Schützenhof etabliert und den „daselbst befindlichen Tuf[f]-stein" abgesetzt hatte, „Zusammenhang mit diesen Flötzen gehabt haben mag". Als Liegendes („Grundlage") der Flöze beobachtete HABEL einen dem Sericitgneis diskordant aufgelagerten „Pudding- oder Wurststein" (mit diesem Ausdruck wurde seinerzeit ein Konglomerat bezeichnet), der „an einigen Orten mit Thon und an andern mit Eisenerde verkittet" sei. Die Schichten sind „vor dieser Quelle und oben an der ganzen Stadt her, wie abgeschnitten, und setzen zum Theil an der reformirten Kirche [im Winkel zwischen Büdingen- und Coulinstraße, T. K.] und über der Adlerquelle [...] wieder zu Tag aus. Ueber der Saalgasse bedecken sie kaum das Ganggebürg [...]".

Ähnliche Beobachtungen machte THOMÄ (1843: 225–226) in verschiedenen Bauaufschlüssen am SW-, S- und SE-Fuß des Heidenbergs sowie „am Ende der oberen Schwalbacher Strasse", ohne allerdings einen Bezug zur Schützenhofquelle herzustellen: Die „zoll- bis fussmächtigen Straten" (Schichten) feiner Sande und Tone waren „reich mit Eisenoxyd und Eisenoxydulhydrat imprägnirt, dass sie auf den Profilen einen schönen Wechsel von parallelen, deutlich begrenzten rothen, braunen und gelben Bändern" zeigten. In den tieferen Lagen der bis 10 m mächtigen Profile schalteten sich ca. 30 cm mächtige Bänke eines „feinkörnigen mürben Sandsteins" und faust- bis kopfgroße Sandkonkretionen mit limonitischem Bindemittel ein. Die tertiären Schichten sollen – bei NE–SW-Streichen – ein schwaches NW-Einfallen gezeigt haben. Die tonigeren Schichten dienten den Wiesbadener Tünchern „zum Anstrich von Gebäuden und Zimmerwänden". Auch F. SANDBERGER (1850: 14–15) beobachtete im Profil unter dem „Walther'schen Hause" am Heidenberg im tertiären Sandstein die „Einschaltung kleiner, intensiv rothbraun gefärbter Lagen".

Drei Bohrungen aus der unmittelbaren Umgebung der Schützenhofquelle belegen eine Verkieselung der tertiären Sedimente in Höhenlagen oberhalb des heutigen Spiegels der Schützenhofquelle. Alle Indizien sprechen dafür, die Verkieselung auf Thermalwassereinfluß zurückzuführen.

Eine Bohrung in der Coulinstraße **(47)** durchteufte – gemäß Schichtenbeschreibung – über möglicherweise umgelagertem Sericitgneis bei 121,4–122,0 m über NN einen harten, weißgrauen bis graubraunen Horizont aus Breccie/Konglomerat, der im Liegenden „teilweise entfestigt" war. Von mir untersuchte Bohrkernproben (leg. Dr. H. TANGERMANN) zeigen eine matrixgestützte Breccie mit scharfkantigen Bruchstücken von Kappenquarz, Pseudomorphosenquarz und Perimorphosen von Quarz nach Calcit-Skalenoedern. Die Klasten besitzen Größen von < 1 mm bis > 7 cm. Die Grundmasse ist hellgrau, hellbraun und an manchen Stellen ockerfarben. Sie ist fast durchgängig silifiziert. Zweifelsfrei wurde hier eine sedimentäre, nicht aber eine tektonische Breccie angetroffen. Für diese Ansicht sprechen das Vorhandensein einer Matrix, die Verschiedenheit der Komponenten und die teilweise Entfestigung des Horizontes im Liegenden. Die Verkieselung ist deshalb jünger als die hydrothermale Bildung der Quarzmineralisation. Unterstützt wird dies durch die Beobachtung, daß vergleichbare Silifizierungen in den miozänen Sedimenten, die von den Pseudomorphosenquarz-Gängen nicht durchschlagen werden, auftreten. Ich führe die Silifizierungen deshalb auf Thermalwassereinfluß zurück.

Die Scharfkantigkeit der Klasten und ihr großes Korngrößenspektrum spricht dafür, daß die Quarzbruchstücke bei einer phreatischen Explosion aus dem im Untergrund anstehenden Quarzgang vom Schützenhof abgesprengt und an die Erdoberfläche geschleudert worden sind. Die Silifizierung des scharfkantigen Auswurfmaterials ist auf spätere $SiO_2$-Abscheidungen zurückzuführen.

Der dritte Quarzgang im Schützenhofgelände wurde an der SW-Ecke des Parkhauses **(48)** bei 109,5–120,0 m über NN durchbohrt. Er war z. T. brecciiert und führte bei 109,5–114,8 m über NN, also unterhalb des heutigen Spiegels der Schützenhofquelle, $FeS_2$. Mir zugänglich gemachte Proben, die wohl aus dieser Zone stammen, belegen wiederum eine hydrothermale Brecciierung: Der Gangquarz (Kappenquarz) ist unregelmäßig brecciiert. Die am intensivsten zerbrochenen Proben liegen als matrixgestützte Breccie vor. Die Matrix wird von feinkristallinem Pyrit und Markasit gebildet, die auch Klüfte und Zwickel im Quarz ausfüllen. Verbreitet sind bis 3 mm starke Krusten mit nierig ausgebildeter Oberfläche. Markasitkrusten sind faserig bis radialstrahlig aufgebaut. Auf subhorizontalen und steilen Kluftflächen wurden Pyritkristalle (Pentagondodekaeder mit gestreiften Flächen) bis 2 mm Durchmesser beobachtet. Schwefelkies traf die Bohrung auch auf Klüften des liegenden Sericitgneises bis zur Endteufe von 109,5 m über NN an. Im Hangenden des Quarzes, bei 120,0–121,5 m über NN und damit über dem Spiegel der Schützenhofquelle, traten Sande und Kiese mit Gangquarz auf. Die Schichtenbeschreibung gibt hier teilweise silifizierte Kon-

glomerate und Breccien an. Möglicherweise aus diesem Teil der Bohrung stammt ein Kern mit kantigen Geröllen von postvaristischem Quarz und zersetztem Sericitgneis(?), die von derbem und nierigem Pyrit/Markasit überwachsen werden.

Eine Bohrung nahe der Einmündung der Oberen Schützenhofstraße (heute: An der alten Synagoge) in die Coulinstraße **(49)** soll gemäß Schichtenbeschreibung unter Schluffen, Sanden und Feinsandsteinen des Tertiärs bei 123,9–124,6 m über NN einen nicht durchbohrten „Quarzgang im Tertiär" angetroffen haben. Tatsächlich wurde ein Konglomerat mit Quarzgeröllen und kieseligem Bindemittel angetroffen, wie noch erhaltene Kernproben zeigen. Die Gerölle bestehen aus (varistischem) Milchquarz (z.T. mit Chlorit) und (postvaristischem) Pseudomorphosenquarz (z.T. rötlich gefärbt). Der die Grundmasse tränkende Quarz weist achatähnliche, z.T. kugelige Strukturen auf. Auf einem der vier Kernproben sitzen auf der gerundeten Oberfläche eines Pseudomorphosenquarz-Gerölls mm-große, glasklare tafelige Barytkristalle.

In den 60er und 70er Jahren des letzten Jahrhunderts wurde der Rücken und der Osthang des Schulberges bebaut. 1862/63 wurde die Michelsbergschule (heutiges 'Kunsthaus', Schulberg 10), 1868/70 direkt im NE anschließend eine zweite Volksschule errichtet (heute Sportplatz mit Tiefgarage). 1872/73 entstanden auf der ehemaligen oberen Terrasse über dem Schützenhof das Doppelgebäude Schützenhofstraße 14–16 (heute: An der alten Synagoge 6–8) sowie kurz darauf die Häuser Schützenhofstraße 1, 3, 5, 7 und 9 (heute: Schützenhofstraße 1 u. 3 sowie An der alten Synagoge 1 u. 3). Die damaligen Bauaufschlüsse sind von verschiedenen Autoren beschrieben worden, so daß sich ein grobes Bild des großflächigen Profils **(50)** rekonstruieren läßt, das zwischen den Schulgebäuden und der (späteren) Coulinstraße entstanden war. Aufgeschlossen waren (im wesentlichen sandige) Sedimente des Miozän, die durch fossile Thermalwässer versintert und bunt verfärbt worden waren.

Eine Skizze im Geländebuch des Konservators v. COHAUSEN mit Datum vom 15.8.1872 (abgebildet in CZYSZ 1994: 74) zeigt das Profil direkt unterhalb der (älteren) Gebäude Schulberg 4 u. 6 und des westlichen Schulhauses (heutiges 'Kunsthaus') oberhalb der ehemaligen Schützenhof-Terrasse: Unter Kulturschutt stand ein mehrere Meter mächtiger „gelber sandiger Quellensinter" an. Er lagerte auf einem zersetzten tertiären Sandstein, der durch roten, gelben und weißen Sinter gefärbt war. Den später veröffentlichten Mitteilungen zufolge (v. COHAUSEN 1873: 316-317; 1877: 406; v. COHAUSEN et al. 1891: 153) lagerten „graue, weisse, gelbe und feuerrothe Schichten" (von Quellensinter durchdrungener Sandstein) bis etwa 35 Fuß (ca. 10,5 m) unterhalb (südöstlich) des Eingangs der westlichen Schule. Die höchsten durch fossile Thermalquellen beeinflußten Gesteine am Schulberg lagen in einer Höhe von 135 m über NN.

Nach KOCH (1880a: 14, 62) traten verschiedene „Arten höchst interessanter, bald weisser, bald gelb oder roth gefärbter Sandsteine in wunderlicher, zum

Theil gestörter Schichtenstellung" auf. Sie enthielten unbestimmbare Gastropoden, Lamellibranchiaten und Pflanzenreste. Im Profiltiefsten und „ziemlich in der Mitte seiner Ausbreitung" stand ein 2 m mächtiger Quarzgang an, der wohl aus dem liegenden Sericitgneis herauspräpariert war. Er war „in den Fundamentgruben zu dem grossen Fach'schen Hause über dem Schützenhofe" aufgeschlossen **(51)**.

Damit ist das durch Stadtbaumeister FACH errichtete große Doppelgebäude direkt oberhalb (nördlich) der ehemaligen Synagoge gemeint (Heute: An der alten Synagoge 6–8). Früher trug es die Anschrift (Obere) Schützenhofstraße 14–16. Wohl auf einem Irrtum beruht die Angabe von KOCH (1880a: 62), der Quarzgang sei etwa 40 m nördlich der Schützenhofquelle aufgeschlossen gewesen.

Nach den Beobachtungen von REUTER (1884: 24–25) waren die Sandsteine und „Thonschiefer" (wohl Sericitgneis) in diesem Aufschluß „von mächtigen Quarzblöcken und Quarzstreifen durchsetzt". In den Sandsteinen herrschten Rotschattierungen („bis zum Dunkelrot") vor. REUTER führte die Färbung auf das „mit Eisenoxyd so reichlich geschwängerte Badewasser" früherer Quellen zurück. Der alte „Badewasser-Sinter" hatte den Sandstein „mürbebrüchig" gemacht. Die Verockerungen sind damals von den Wiesbadener Tünchern als Farbstoff zum Anstreichen benutzt worden.

REUTER veranlaßte eine Analyse einer mürben bis erdigen dunkelroten Probe von der Anhöhe hinter dem Schützenhof beim Chemischen Laboratorium FRESENIUS (Analytiker: SIG. SCHMITZ, 1882). Ca. 86 Gew.% bestanden aus „Sand mit etwas Thon". Hauptbestandteile der sandfreien Substanz („Sinter") waren „Eisenoxyd" (ca. 67 %) und $SiO_2$ (ca. 8,4 %). Die gute Übereinstimmung mit einer Analyse des oxidischen Kochbrunnensinters (einschließlich des recht hohen As-Gehaltes) veranlaßte R. FRESENIUS in REUTER (1884: 26) deshalb zur Feststellung: „Die rote erdige Substanz stellt somit Sand dar, welcher von einem Ocker durchdrungen ist, wie er durch die erste Einwirkung atmosphärischen Sauerstoffs auf Wiesbadener Thermalwasser entsteht." Er bestätigte damit KOCH (1880a: 14). Dieser hatte, offensichtlich ohne das Vorliegen einer Analyse, bereits behauptet, daß das Bindemittel der „zu Sandstein gewordenen Sandschichten" im Gebiet der Wiesbadener Thermalquellen „in jeder Beziehung dem Quellensinter" gleiche.

Aus dem Profil über dem Schützenhof erwähnte KOCH (1880a: 70) weiterhin „vollständige Quellengänge, welche durch den Quellensinter ausgefüllt sind". In den Sandsteinen und in Klüften traten eine ganze Reihe von leider nicht näher beschriebenen Mineralien auf (KOCH 1877: 81; 1880a: 15, 71). Häufig waren kleine Barytkristalle, Gips (vermutlich bei der Zersetzung von Schwefelkies entstanden) und verschiedene „oxydische Eisenverbindungen und andere gewöhnliche Mineralien ähnlicher Sinterbildungen" wie „Rotheisenmulm". Daneben fanden sich erdige phosphor- und arsenhaltige „Eisensalze" und Jarosit bzw. Gelbeisenerz (ein K-Fe-Sulfat). Weißgrauer bis graubrauner Menilit („Leberopal") trat in „nierenförmigen Knollen"

und „plattenförmigen Ausscheidungen" auf; an einer Stelle „bildete dieses Mineral ein Lager von 7 Centimeter Mächtigkeit und mehreren Quadratmetern Ausdehnung" (KOCH 1877: 81; WENCKENBACH 1879: 167 nach Mitt. von C. KOCH; KOCH 1880a: 15).

Nur wenig unterhalb der beschriebenen historischen Aufschlüsse konnte H.-J. ANDERLE beim Bau der **Hochstraße in der Coulinstraße (77)** im Juli 1970 ein ca. 9,5 m mächtiges Tertiärprofil aufnehmen (um 125–130 m über NN). Nach seinen mir zur Verfügung gestellten Unterlagen und Proben war eine z. T. kräftig gefärbte Wechsellagerung von miozänen Schluff- und Sandsteinen aufgeschlossen. Die Färbung war an einzelne Schichten gebunden und geht zumindest teilweise auf Verockerungen und farbige $SiO_2$-Bildungen zurück. Gelbe Farben überwogen; daneben traten graue, violettstichige, ockerfarbene und rote Horizonte auf. Ein ziegelroter Wurzelhorizont bildete die Basis des Profils. Mineralisationen traten in verschiedenen Horizonten auf. Folgende Beobachtungen konnte ich an den von ANDERLE gesammelten Proben machen:

Häufigstes Mineral ist Opal. Er tritt in bis mm-starken Lagen, traubig-knolligen Krusten und Aggregaten sowie in Schnüren auf Schicht- und Kluftflächen auf. Der meist durchscheinende Opal kann in folgenden Farben auftreten: hellbraun, graugrünlich, weiß, gelblich bis honigfarben, leuchtend rot. Als jüngste Partie tritt sehr häufig glasklarer Hyalith auf. Aufgeschlagene traubige Partien zeigen konzentrische, achatähnliche Strukturen. Das unregelmäßige Muster feiner Risse an der Oberfläche des Opals kann auf den beginnenden Wasserverlust oder auf Rekristallisierung zurückgehen. Sehr wahrscheinlich handelte es sich bei dem von früheren Autoren beschriebenen Leberopal bzw. Menilit um solche, von mir als Opal beschriebene Bildungen.

Opalbildungen auf Schichtflächen finden sich an der Grenze zwischen Sandstein (im Hangenden) und Schluffstein (im Liegenden). Aufgrund ihres geringen Porenvolumens wirkten die Schluffsteine als Stauhorizonte für die $SiO_2$-Lösungen. Sehr anschaulich verdeutlicht dies ein Handstück, auf dem eine zungenförmige Fließstruktur aus Opal konserviert worden ist (Abb. 11). Der hohe Glanz des Opals vermittelt sogar den Eindruck, als ob die $SiO_2$-Masse noch feucht sei! An meist steilstehenden Klüften existierten Durchlässigkeiten zu liegenden Horizonten. Opalbildungen treten deshalb auch auf Kluftflächen auf. Einige Proben lassen erkennen, daß die Sandsteine von Kluft- und Schichtflächen aus silifiziert worden sind, wobei in Kluftnähe das gesamte Porenvolumen durch amorphe bis feinkristalline Kieselsäure ausgefüllt worden ist. Die Mindestmächtigkeit der silifizierten Bereiche in den Sandsteinen beträgt 10 cm.

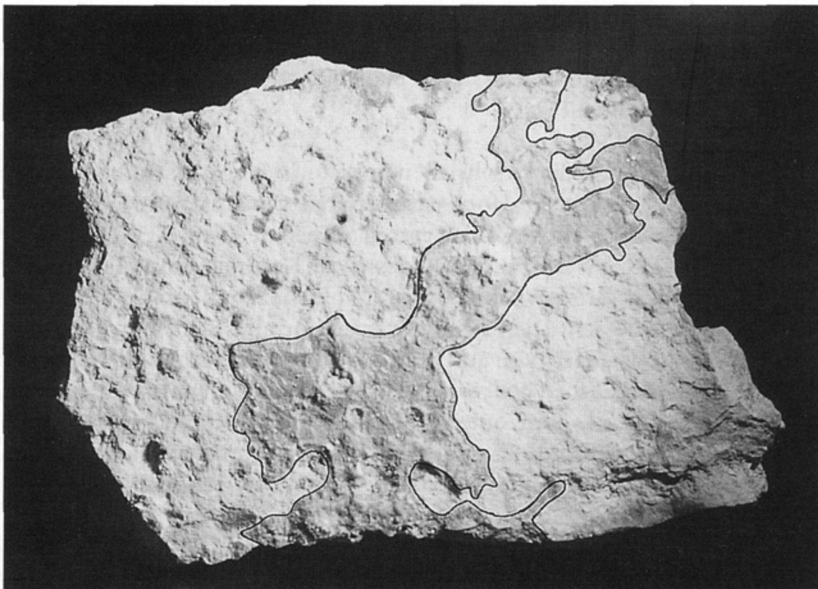


Abb. 11. Zungenförmige Fließstruktur von weißem Opal (z. T. als farbloser Hyalith ausgebildet) auf der Schichtfläche eines tertiären Schluffsteins (durch schwarze Linie hervorgehoben). Breite: 11 cm. Gefunden 1970 beim Bau der Hochstraße in der Coulinstraße über dem Schützenhof (Aufschlußpunkt 77).

Grauer Baryt trat im Profil über der Hochstraße auf einer mehrere $m^2$-großen Schichtfläche auf. Er bildete eine durchgehend entwickelte, bis 2 mm mächtige grobkristalline Lage. Ansatzweise kam es zur Bildung von Rosetten (5–7 mm Durchmesser). An einigen Stellen wird er von Opal, z. T. als Hyalith ausgebildet, überwachsen. Eine Probe aus einem anderen Horizont weist merkwürdige Verwachsungen zweier Barytgenerationen in zierlichsten Kriställchen (0,1–0,2 mm Größe) auf. Sie sitzen auf der Schichtfläche eines Schluffsteins und auf der oben beschriebenen Fließzunge des Opals. Die Kerne aller Kristalle bilden nach b gestreckte weiße Kriställchen mit den schon mehrfach beschriebenen Formen {001} (beherrschend), {110} und {010} (ganz zurücktretend). Sie sind nach {001} dünntafelig (papierdünn) ausgebildet. Beim Weiterwachsen entwickelten sich farblose Kriställchen gleicher Tracht und von gleichem Habitus, doch unterschiedlicher Achsenorientierung. Die b-Achse der jungen Generation liegt in der Richtung der a-Achse der älteren Generation, ist also um 90° gedreht. An nur einer Stelle sitzen dem Opal – neben dem Baryt – winzige Calcit-Skelettkristalle auf.

Direkt unterhalb des „Fach'schen Hauses", in dem durch die Straßen Schulberg, Coulinstraße und Michelsberg gebildeten Winkel, stand bis zur Zer-

störung in der Pogromnacht im Jahre 1938 die **Synagoge (52)**. Das Gelände wird heute zum großen Teil von der Hochstraße überdeckt. Auch hier trat nach dem von v. COHAUSEN (1890: Taf. IV) bekannt gemachten Profil „Sinter" auf:

- 126,26 m über NN: „Lettig"
- 125,96 m über NN: „Sinter"
- 125,56 m über NN: Grüngrauer „Lettig"
- 125,06 m über NN: Sandstein (Tertiär)

Die durch Thermalwässer beeinflußten tertiären Sedimente wurden auch in der Umgebung von Römertor und Heidenmauer festgestellt. So zeigte im Jahre 1876 eine „Unterwühlung" der **Heidenmauer (53)** „in der Adlerstrasse", also etwa unter dem später errichteten „Römertor", daß der Untergrund aus dem „mit Quellensinter durchzogenen Tertiär-Sand und Sandstein" besteht (v. COHAUSEN 1877: 406). Auch bergaufwärts, „wo die Mauer den Berg ersteigt und in ihren Ueberresten noch besteht, ruht sie auf den theils sandigen, theils lehmigen, theils zu compactem Sandstein gewordenen Schichten des Quellensinters, wie dies vor unseren Augen blosgelegt ist" (v. COHAUSEN 1877: 410).

Erdarbeiten im Winter 1940 haben diese Schichten auch im Bereich des **ehemaligen Friedhofes südöstlich der Coulinstraße (54)** freigelegt. Der tiefste Teil des alten Friedhofes befand sich südlich vom Römertor, dort, wo heute eine Serpentine die Straßen Am Römertor und Coulinstraße miteinander verbindet. Die Ausschachtungen legten „zur Höhe hin" unter römischen Kulturschichten einen verwitterten „Sandstein von rötlicher Farbe, der von rötlichen und weißen Bändern durchzogen wird", frei (SCHOPPA 1951: 19).

Aus einer Bohrung zur Anlage eines Luftschutzbunkers am Römertor in der Coulinstraße stammen mehrere Belegstücke mit Schwerspat im Museum Wiesbaden (ohne Slg.-Nr.). Gesammelt hatte sie Stadtinspektor B. BÜRGER im April 1944. Fünf weiteren von BÜRGER im April 1944 gesammelten Proben liegt folgender Fundortzettel bei: „Unter d. alten Friedhof, an d. Coulinstr. über dem Römertor". Fundort ist also das Gelände des ehemaligen Friedhofes zwischen Schulberg (im W) und Coulinstraße (im E). An dieser Stelle befinden sich heute eine städtische Grünanlage und der Kinderspielplatz 'Am Schulberg' **(55)**. Der Eingang zu dem im vorletzten Kriegsjahr errichteten großen Luftschutzkeller unter dem Schulberg-Plateau (im Bereich der heutigen Tiefgarage) befand sich in der unteren Adlerstraße auf dem heutigen Grundstück 'Am Kaiser-Friedrich-Bad 2'. (Ein weiterer kleiner Bunkerraum wird heute von den Stadtwerken als Trafostation benutzt; sein Eingang liegt westlich des erwähnten Serpentinenweges – doch dürfte diese Stelle als Fundort kaum in Frage kommen).

Die von BÜRGER dem Museum überlassenen Kernproben bestehen aus karbonatfreien weißen bis hellgelben Sandsteinen und verfestigten Konglomeraten mit gut gerundeten Milchquarzgeröllen. In den Sandsteinen tritt grauer Baryt in bis 2 mm mächtigen Spaltenfüllungen auf. Auf dem Konglomerat ist er in undeutlich ausgebildeten, bis 1 cm großen Kristallen aufgewachsen. Die Matrix der fünf Sammlungsstücke vom Bunkerbau besteht aus einem weißgelblichen Sandstein. Aufgewachsen sind meist undeutlich auskristallisierte Barytkristalle bis 3 cm Länge. Zwei Stufen sind vollständig mit Limonit überkrustet.

Beim Bau der erwähnten **Tiefgarage am Schulberg (77)** traf eine Baugrundbohrung Pyrit und Markasit im (wahrscheinlich verquarzten) Sericitgneis in einer Höhe von 109,9–112,1 m über NN an. Aus den durchteuften Cerithienschichten gibt die Bohrbeschreibung keine Mineralisationen an.

Rot gefärbter „Sintersand" wurde im letzten Jahrhundert in der **Adlerstraße** und im **Hirschgraben (56)** in einer Höhe von 140 m über NN angetroffen (v. COHAUSEN et al. 1891: 153 nach einer Mitt. des städtischen Ingenieurs BRIX).

Die am höchsten gelegene Stelle am Schulberg mit „Sinter" (vermutlich sind Verockerungen gemeint) liegt in einer Höhe von ca. 145 m über NN. In zwei Veröffentlichungen teilte v. COHAUSEN (1873: 317; 1877: 406) mit, daß „in dem tiefen Einschnitt der Schwalbacherstrasse", auch als „Hohlweg der Schwalbacher Strasse" und **„Schwalbacher 'Hohl'" (57)** bezeichnet, roter und gelber „Sinter" unter Löß oder Lößlehm auftritt.

v. COHAUSEN hielt die Situation am 15. 8. 1872 mit einer Skizze in seinem Geländebuch fest (abgebildet in CZYSZ 1994: 74). Einer Notiz im Geländebuch des Konservators ist zu entnehmen, daß sich der Hohlweg zwischen den Häusern Schwalbacher Straße 43[a] und 45 befand. Mit Hilfe der von JOOST herausgegebenen Adreßbücher der Stadt Wiesbaden aus dem letzten Jahrhundert läßt sich ermitteln, daß zwischen beiden Gebäuden die Schachtstraße lag. Die Schwalbacher „Hohl" ist demzufolge ein ehemaliger Hohlweg an der Abzweigung Schwalbacher Straße–Schachtstraße.

„Dieselben Sandsteine" wie am Schulberg wurden bei der Kanalisierung der **Emser Straße** angetroffen (Aufschlußpunkt **58** in Abb. 3 gibt eine vermutete Lage an). Sie sahen „dem Vorkommen über dem Schützenhofe ähnlich", waren aber teilweise fester. Bei den Bauarbeiten fanden sich – wie über dem Schützenhof – Mineralien wie Jarosit, Leberopal und Baryt (KOCH 1880a: 15, 70, 71). Angaben zur Verbreitung und eine Beschreibung der Mineralisationen liegen leider nicht vor. Unsicher ist deshalb, ob der in einer Bohrung in der Emser Straße **(59)** bei 112,5–116,1 m über NN angetroffene Pyrit (in einem dunkelgrauen Sandstein mit Konglomeratlagen) zur Thermal-

quellenparagenese zählt. „Quellensinter“ (wohl Verockerungen) von der **Kreuzung Emser–Schwalbacher Straße (60)** erwähnte v. COHAUSEN (1892: 232) in einer Höhenlage von 127,08–128,58 m über NN.

Aus einem Aufschluß an der Emser Straße beschrieb HENRICH (1905) geringmächtige Braunkohlenflözchen in sandig-tonigen Sedimenten. Die Höhenangabe (135 m über NN) läßt auf einen Fundpunkt in Höhe der **Walramstraße (61)** schließen. Den erheblichen Eisen- und den Arsengehalt im Verbrennungsrückstand der Braunkohle führte HENRICH auf die Existenz „eisenführender Quellen“ zurück.

„Thermalquellen-Sinter“ treten, der Darstellung von KOCH (1880b) folgend, auch südlich der Schützenhofquelle auf: Eine schmale, nach S gerichtete Zunge wendet sich zwischen Michelsberg und Mauritiusstraße nach W, überquert die Hochstättenstraße und reicht bis zur Schwalbacher Straße (Abb. 13). In der Schwalbacher Straße belegen drei Bohrungen einen ehemaligen Thermalwassereinfluß. Die Intensität der Mineralisation spricht dafür, daß sich in diesem Gebiet eine weitere, inzwischen versiegte Therme befunden hat.

Von einer Bohrung in der SW-Ecke des Grundstücks **Schwalbacher Straße 55 (62)** existiert keine Schichtenbeschreibung. Zur Untersuchung lagen einige Kernstücke (Aufschrift „Hochstätten“, leg. Dr. H. TANGERMANN) vor. Kernstücke aus einer Teufe 113,2–115,2 m über NN zeigen einen jaspisartigen, kompakten Hornstein ocker- bis rotbrauner Farbe. Da undeutlich Relikte von Schieferungsflächen zu erkennen sind, dürfte es sich um einen mit eisenhaltigen $SiO_2$-Lösungen getränkten Sericitgneis handeln. Pyrit tritt in der kompakten Masse und als Begleiter von postvaristischen Quarzkluftfüllungen in bis zu cm-langen Aggregaten auf. In $s_1$-parallelen und senkrecht dazu orientierten Hohlräumen sitzen stark glänzende Pyritkriställchen (< 1 mm). In einer Teufe von 111,2–113,2 m über NN sind die silifizierten Massen teils brecciös, teils gelartig ausgebildet. Unregelmäßig geformte Hohlräume (von mm-Größe bis mindestens 9 cm Länge) sind gefüllt mit $SiO_2$-Ausscheidungen: Neben schwach hellblau und milchig gefärbten Quarzfüllungen treten chalcedonartige und achatähnlich gebänderte Quarzausscheidungen auf. Als jüngste Bildung können in den Hohlräumen mm-große hellblaue Quarzkriställchen sitzen, bei denen nur die Rhomboederflächen entwickelt sind. In einer Druse sitzen rot gefärbte, ebenfalls bis 1 mm lange Quarzkriställchen. Sie sind langprismatisch ausgebildet, haben neben den Rhomboederflächen also zusätzlich die Prismenflächen entwickelt. Ein Teil der Hohlräume ist mit ockerfarbenen bis rotbraunen Eisenverbindungen gefüllt.



Abb. 12. Hornstein mit $FeS_2$-Wülsten (überwiegend Pyrit) aus einer Bohrung in der Schwalbacher Straße. Höhe: 8 cm.

Aus einer nicht lokalisierten Bohrung in der **Schwalbacher Straße** (leg. Dr. H. Tangermann) stammt eine Hälfte eines 9 cm hohen Bohrkerns. Auch sie besteht aus einem blutroten, teils ockerfarbenen, teils hell- bis dunkelbraunen Hornstein. Auf einer etwa 80° einfallenden Kluftfläche sitzen kugelige und ovale $FeS_2$-Konkretionen und > 5 cm lange Wülste (Abb. 12). Sicher identifizierbar sind winzige, selten bis 1 mm große Pyritkriställchen. Dominierende Form ist das einfache Hexaeder. Weitere Flächen (Oktaeder) können hinzukommen und die Kanten modifizieren. Möglicherweise tritt Markasit hinzu.

Pyrit in der Schwalbacher Straße trafen zwei weitere Bohrungen (anläßlich des Baus der Hochstraße über der Kreuzung mit Emser Straße und Michelsberg) an: Bei **63** wurde in einer Höhe von ca. 110,9–112,7 m über NN ein tertiäres Konglomerat mit Quarzkies, vereinzelten Sericitgneisstücken und viel Pyrit durchteuft. In der Bohrung bei **64** fanden sich „Pyritknollen" im stark verwitterten und möglicherweise umgelagerten Sericitgneis in einer Höhe von ca. 107,5–108,9 m über NN.

Bauarbeiten und archäologische Untersuchungen im letzten Jahrhundert haben gezeigt, daß – meist nicht näher spezifizierte und zum größten Teil

wohl oxidische – Sinterbildungen zudem östlich der Schützenhofquelle auftreten und bis zur Wilhelmstraße reichen. Die einzelnen Fundpunkte sind:

In den „Fundamenten" des um 1890 abgebrochenen Gasthofes **Karlsruher Hof (65)** sollen die Quellen „den Sand und Kies durchdrungen haben" (v. COHAUSEN et al. 1891: 153). Der Gasthof, der frühere Adelshof Marschall'scher Hof (Alt-nass. Kalender 1919, p. 29), lag am Mauritiusplatz an der Ecke von Kirchgasse und Mauritiusstraße (etwa heutige Kirchgasse 60–64).

Auf dem **„Markt am Anfang der Ellenbogengasse" (66)** stellte v. COHAUSEN (1892: 232) „Quellensinter" bei 114,01–115,51 m über NN fest. „Nördlich vor dem **Rathaus" (67)** fand sich „Sinter" in einer Höhe von ca. 110,6–111,10 m über NN (v. COHAUSEN 1890: Taf. IV).

Karbonatische Quellensinter unterhalb der **Marktkirche (68)** wurden von BRAUN (1855: 11) und G. SANDBERGER (1857: 11 + Taf. III, Fig. 26; 1859: 4; 1860: 571, 572; 1861: 14) beschrieben: In einem Versuchsschacht „an der Zehntscheuer" (etwa im Bereich des Chors der Marktkirche), der behufs „der soliden Fundamentierung der neuerbauten evangelischen Stadtkirche [damit ist die 1853–1862 erbaute Marktkirche gemeint, T. K.] niedergetrieben wurde", durchteufte man in 5 Fuß 8 Zoll Tiefe (ca. 1,67 m) oder aber in 15–16 Fuß Tiefe (ca. 4,3–4,6 m) – hier widersprechen sich die Angaben – „Kalktuff". Er bestand „aus inkrustierten Grasblättern- und stengeln" und besaß eine Mächtigkeit von 1 Fuß (28,75 cm). Unter dem „Kalktuff" folgte ein lockerer „Sand, von Letten untermischt, gelb, rothbraun und grünlich gesprenkelt" mit einer Mächtigkeit von 3 Fuß, der verschiedene Land- und Süßwasserschnecken, darunter „ächte Lössschnecken", enthielt. Diese „Diluvialschichten" sollen ein schwaches Einfallen von 2–3 ° nach SE gezeigt haben. „Kalktuffe" im Hangenden der holozänen Sedimente in dem Gebiet zwischen der „Quellenlinie" einerseits und Marktplatz/Salzbach andererseits erwähnten auch LEPPLA & STEUER (1923: 45). Ein um und zwischen Wurzelröhren ausgeschiedener poröser „Kalktuff" vom Bau der Marktkirche befindet sich in der Schausammlung des Museums Wiesbaden (Slg.-Nr. 61.2./14).

In „den Fundamenten im ehemaligen Dasch'schen Garten", der heutigen **De-Laspée-Straße 7 (69)**, trat „Quellensinter" in einer Höhe von 110,84-111,34 m über NN auf (v. COHAUSEN 1892: 232). Im Grundstück **Hintere Wilhelmstraße 28 (70)** fand sich „Quellensinter" auf Sand und grobem Kies in einer Höhe von 109,0–111,1 m über NN (v. COHAUSEN 1890: Taf. IV). Von der Schützenhofquelle ist diese Stelle ca. 400 m entfernt.

Bei Bauarbeiten auf dem **Dern'schen Gelände (71)** fand H.-J. ANDERLE im Sommer 1992 einen Geröllhorizont in den Cerithienschichten (ca. 104 m über NN) mit folgendem Geröllspektrum: Milchquarz, Kappenquarz (beide sehr gut gerundet) und Kieselholz.

Einzelfund blieb eine graugrüne Tonstein-Baryt-Konkretion mit fraglichen Schrumpfungsrissen. Sie besitzt 3–4 cm Durchmesser und besteht aus einer feinkristallinen Barytmasse mit geringen Anteilen von noch nicht oder kaum von Baryt durchsetztem graugrünem Tonstein. In Hohlräumen im Innern der Konkretion (bis 1 cm Durchmesser) sitzen bis 1 mm lange Barytkriställchen. Sie sind glasklar bis durchscheinend; ein Kristall ist grünlich ge-

färbt. Im Gegensatz zu allen anderen bislang beschriebenen Barytkristallen weisen sie die typische Meißelform (Typ „Herkules“ nach KALB & KOCH 1931) auf. Großen Teilen der Außenseite sitzen bis 0,5 mm lange, hahnenkammartig ausgebildete Barytkriställchen auf, die an einer Stelle von < 0,1 mm großen $FeS_2$-Kristalliten überzogen werden. – Zwar legt der Fundzusammenhang (Geröllhorizont) einen Transport der Konkretion nahe, doch halte ich eine in-situ-Bildung während der Diagenese für sehr viel wahrscheinlicher, da bei einem auch noch so kurzem Transportweg die Barytkriställchen und Schwefelkiesbildungen an der Außenseite zerstört worden wären.

Wohl ebenfalls diagenetische Bildungen stellen eigenartige Hornsteinkonkretionen dar, die sich zahlreicher fanden. Die größte weist bei einer Höhe von 7 cm einen Durchmesser von 20–25 cm auf. Sie besteht aus einem dichten bis feinkristallinen, jaspisartigen Material brauner Farbe. $Cm^2$-große Kluftflächen weisen intensiv zinnoberrote und gelbbraune Kluftflächen auf. In unregelmäßig ausgebildeten Hohlräumen finden sich winzigste Quarzkriställchen (u.d.M. sind Rhomboederflächen sichtbar), die meist farblos, aber auch rot und braun gefärbt sein können (Eisenkiesel). Vor allem im Außenbereich der Konkretion sind u.d.M. in schmalen, mehr oder weniger senkrecht zur Oberfläche orientierten Adern und in kleinen Hohlräumen feinkristalline $FeS_2$-Bildungen zu erkennen. Zumindest teilweise scheinen sie mit dem Hornstein verwachsen zu sein. Ihre Bildung erfolgte deshalb nicht wesentlich später als die Verfestigung der vermutlich gelförmig abgeschiedenen Kieselsäure. Die Außenseite der Konkretion weist zahlreiche, unregelmäßige Vertiefungen im mm- bis cm-Bereich auf. An einigen Stellen hat sich in ihnen das umgebende Sediment (Quarzkörner, grüngraue Tone) erhalten. Die Ursache für die Vertiefungen dürften Wachstumsbehinderungen durch die Klasten des umgebenden Sediments sein. Auffällig ist ein ca. 3 cm langer Wurmgrabgang auf der Außenseite der Konkretion, der durch Schwefelkies (mit eingebackenen scharfkantigen Quarzsplittern) nachgezeichnet wird. Schwefelkies bedeckt in dünnen Krusten die Oberfläche der Konkretion, findet sich aber auch im grünen Ton.

### 4.6. Faulbrunnen-Areal

Der **Faulbrunnen (72)** ist die südwestlichste Quelle der Wiesbadener Hauptquellen. Mit einer Temperatur von 14–17° C (W. FRESENIUS 1956) zählt er nicht zu den Thermalquellen. Sein Wasser weist bereits eine sehr starke Süßwasserkomponente auf. Sein (geringer) Gehalt an $H_2S$ wird auf Sulfatreduktion in tertiären Sedimenten zurückgeführt (MICHELS 1966: 48), kann aber m.E. ebenso auf Zersetzung hydrothermal abgesetzten $FeS_2$ zu-

rückgeführt werden. Der Quellenspiegel lag bei 116,46 m über NN (MICHELS 1966: 29). Der Faulbrunnen wurde im Jahre 1964 durch eine 28,5 m tiefe Bohrung 8 m NW des alten Brunnenschachtes neu gefaßt (Ansatzpunkt: 119,03 m über NN).

Eine Schichtenbeschreibung der **Faulbrunnen-Bohrung (73)** wurde von MICHELS (1966: 30) veröffentlicht. Eine zweite Schichtenbeschreibung der Bohrung stammt von BÖKE & THEWS. Beide Schichtenbeschreibungen weichen bezüglich Ansprache und Interpretation stark voneinander ab, so daß es nicht gelingt, ein zutreffendes Bild der Bohrung zu gewinnen.

Nach der Ansprache von BÖKE & THEWS wurden unter rezenten Auffüllungen und pleistozänen Bachgeröllen (bis 113,53 m über NN) bis zur Endteufe der Bohrung (90,53 m über NN) z. T. geröllführende Sande und Schluffe (?Unter-Miozän) angetroffen. Bei 107,03 und bei 108,88–109,73 m über NN waren die Sande „durch Schwefelkies verbacken". Bei 94,38–97,33 m über NN traten Gerölle von Sericitgneis und Quarz sowie „Schwefeleisenknollen" auf.

Nach MICHELS (1966: 30) wurden die untermiozänen Sedimente nur bis zu einer Teufe von 99,78 m über NN erbohrt. Schwefelkies stellte MICHELS bei 102,23–104,13 und bei 106,53–111,93 m über NN fest. In der hangenden $FeS_2$-Zone beobachtete er „Röhrchen und Bänkchen von Schwefelkies", die er als Mineralwasseraufstiegswege ansah. Den Bereich zwischen 99,78 und der Endteufe von 90,53 m über NN interpretierte MICHELS (1966: 30–31) – im Gegensatz zu BÖKE & THEWS – als anstehendes Paläozoikum. Unter einer überhängenden Sericitgneis-„Klippe" soll eine Brandungs-„Hohlkehle" mit „Braunkohlenstücke(n) und Braunkohlengeröllen" durchbohrt worden sein. Die Hohlkehle soll sich im anstehenden Sericitgneis über einer 5,1 m mächtig durchbohrten „Quarzgangzone" (91,33–96,93 m über NN) entwickelt haben. (Die mangelhafte Kernansprache läßt offen, ob ein varistisch oder ein postvaristisch gebildeter Quarz angetroffen wurde, auch wenn MICHELS – eher beiläufig – ein NW–SE-Streichen des Ganges angab.) Der Quarz führte „Brauneisen" und bei 92,73 m über NN „Kugeln mit strahlenförmigem Baryt" (MICHELS 1964: 38). BÖKE & THEWS hingegen hatten in dieser Teufe keinen Quarzgang beobachtet, sondern bei 92,73–94,38 m über NN schluffig-tonige, z. T. kiesige Sedimente mit Geröllen von „Gangquarz" und „Taunusgesteinen" sowie „Schwerspatnester" und „Konkretionen von Eisenkiesel" beschrieben. Hinweis für eine mögliche hydrothermale Verkieselung stellen „Hornstein" bzw. „Hornsteinknollen" dar, die sich bei 99,78–100,53 m über NN neben Brauneisen und bei 103,13–104,13 m über NN mit Schwefelkies in grauen Sanden fanden (MICHELS 1966: 30). Wahrscheinlich entsprechen die Hornsteine den von BÖKE & THEWS genannten „Konkretionen von Eisenkiesel".

Ungeachtet der unterschiedlichen Gesteinsansprache durch die Bearbeiter darf das Auftreten von (reichlich) Schwefelkies sowie von Schwerspat als sicher gelten. Die reiche $FeS_2$-Mineralisation am Faulbrunnen wird durch das Vorkommen von sekundär gebildetem Melanterit am Faulbrunnen unterstützt. Zwei Berichte aus dem 18. Jahrhundert belegen, daß Melanterit in solchen Mengen auftrat, daß er gewonnen werden konnte.

Der „selbst=gewachsene Vitriol", auch „Victril" genannt, wurde von Schenck (1758: 462) als „siebente Natur=Seltenheit des Wißbads" aufgezählt. Vitriol habe man früher „ziemlich häufig in dem Wißbadischen Felde, sonderlich in der Gegend des [...] Faulbrunnens, gantz frey über der Erde gefunden. Dermalen trift man ihn daselbst etwas seltner an." Der „Wißbadische Vitriol" habe einen „zusammenziehenden" Geschmack und sei „grün von Farbe". Korrekt sprach Schenck ihn deshalb als Eisenvitriol an (Kupfervitriol weist eine blaue Farbe auf). „Er ist aber von der Natur schon so zubereitet, daß er so gleich kan ausgelauget, und zu allerley Nutzen [...] kan angewendet werden." Verwirrend ist der Zusatz, der Eisenvitriol sei „annoch mit vielem Schwefel verbunden" und deshalb „also eigentlich ein Eisen=Schwefel=Kieß."

Nach Zückert (1776: 431) habe man „ganz nahe um" Wiesbaden neben „Frauenglas" (Gips) und „Schwefeleisen" (Schwefelkies) „auch hie und da vitriolischen Anflug und Auswachs" finden können. „Die vitriolischen Schwefelkiese [diese Bezeichnung in offensichtlicher Anlehnung an Schenck 1758, T. K.] hat man sonst um die Gegend des Faulbrunnen sehr häufig gefunden. Jetzt trift man sie nicht mehr an, obgleich nicht zu zweifeln ist, daß ihrer unter der Erde genug liegen müssen. Sie bestehen theils aus grossen blassen aschfarbigten schweren Klumpen, welche inwendig, wenn man sie zerschlägt, blinkern, als wenn sie mit Kupferstaub durchstreuet wären; theils haben sie in Gestalt eines gröblichen gelbgrünlichen Pulvers, welches vitriolischer Anflug genennet wird, auf dortigem Felde gelegen."

An den Beobachtungen aus dem 18. Jahrhundert ist nicht zu zweifeln, auch wenn Schenck „ein Fremdling in der Naturgeschichte" gewesen und seine Beschreibung der „Naturseltenheiten" Wiesbadens deshalb „ziemlich seicht und unzuverläßig" sei, wie Habel in Klipstein (1781: 142) hart, aber zutreffend urteilte: Beide Berichte geben offensichtlich mit eigenen Augen Gesehenes wider und werden im übrigen durch den Melanteritfund in der Saalgasse im Jahre 1995 (s.o.) bestätigt.

Etwa 200 m südlich des Faulbrunnens treten an der **„Schwalbach–Dotzheimer Strassen-Ecke" (74)** (wahrscheinlich oxidische) „Quellensinter" auf (v. Cohausen 1890: Taf. IV). Bei einer Höhenlage von 120,46–120,96 m über NN liegen sie 4,0–4,5 m über dem heutigen Quellenspiegel des Faulbrunnens. Man mag spekulieren, ob sie die fossilen Absätze eines in frühe-

ren Zeiten in einem höheren Niveau und mit einer höheren Temperatur ausgetretenen Faulbrunnen-„Vorläufers" darstellen – oder aber, ob sie auf eine inzwischen eingegangene Thermalquelle zurückgehen, die einst in allernächster Nähe ausgetreten war. Für die zweite Vermutung sprechen die „grossen Massen von derbem Schwefelkies" in „Braunkohlenletten", die F. SANDBERGER (1851a: 10) aus dem Hof der **Artilleriekaserne (75)** erwähnte. Das Gelände der früheren Kaserne wird durch Luisenstraße, Kirchgasse, Rheinstraße und Schwalbacher Straße begrenzt. Heute befindet sich dort u.a. die Hessische Landesbibliothek.

## 5. Zusammenfassung und Schlußfolgerungen

Die in Kap. 4 präsentierten Daten belegen als oberflächennahe Ausscheidungen aus dem Wiesbadener Thermalwasser folgende Bildungen: Pyrit, Markasit, ?Melnikovit-Pyrit, Baryt, karbonatische Sinter sowie braune eisenhaltige Niederschläge (Verockerungen). Fossil treten zudem z.T. eisenreiche Silifizierungen von tertiären Sedimenten und vordevonischen Metavulkaniten sowie $SiO_2$-Bildungen wie Opal, Hyalith und Menilit auf. In diesem Kapitel werden die oben gewonnenen Ergebnisse zur Ausbildung der Mineralisationen sowie deren Verbreitung und Höhenlage zusammengefaßt und die sich daraus ergebenden Konsequenzen (so für die maximale Höhenlage der fossilen Thermen, für die Hauptaufstiegswege und das Alter der Thermalquellen) dargestellt. Abschließend werden die Bildungsbedingungen der Mineralisationen diskutiert und weitere Untersuchungen vorgeschlagen.

### 5.1. Beschreibung der Mineralisationen

Älteste Bildung stellen i.d.R. **Pyrit** und **Markasit** dar. Beide treten bevorzugt derb und meist feinkörnig auf. $FeS_2$ füllt feine Haarrisse und schmale Klüfte im mm-Bereich (max. 1 cm) im z.T. brecciierten Sericitgneis und Quarz vollständig aus. Quarz wird als Substrat bevorzugt. Im Extremfall kann $FeS_2$ das Nebengestein (Sericitgneis, tertiäre Lockersedimente) vollständig imprägnieren. Größere Imprägnationszonen (im m-Bereich) wurden vor allem in der Saalgasse beobachtet und führten in einem Falle zu einer bergrechtlichen Schwefelkies-Verleihung (Feld „Sulphur"). In offenen Klüften (cm- bis dm-Bereich) treten mm- bis cm-mächtige Krusten und „sinterartige" Bildungen (kugelig-nierige bis zapfenartige Kristallaggregate) auf. Hier konnte es auch zur Ausbildung bis mm-großer Kristalle kommen. Dominierende Form des Pyrits ist das Hexaeder (gelegentlich gestreifte Flächen), manchmal modifiziert durch Pyritoeder- und Oktaederflächen. Typisch für den Markasit ist das palisadenartige und radiale Wachstum auf

Kluftwänden und um Klasten. Die teilweise kompliziert gebauten Kristalle können verzwillingt, aber auch subparallel verwachsen sein. Die meist feinkörnige Ausbildung bedingt, daß sich ohne weitergehendere Untersuchungen (Erzmikroskopie, Röntgendiffraktometrie) häufig nicht bestimmen läßt, ob Pyrit, Markasit oder vielleicht sogar Melnikovit-Pyrit (gelförmiges $FeS_2$) vorliegt. Durch Verwitterung von $FeS_2$ bildete sich an mindestens zwei Stellen im Stadtgebiet Melanterit in größeren Mengen.

Die Vorkommen von **Baryt** im heute von Thermalwässern durchströmten Gebiet beschränkt sich auf Spalten und Klüfte im varistischen Grundgebirge (Sericitgneis, varistische und postvaristische Quarze). Er ist fast immer jünger als $FeS_2$ und kann gelegentlich von jüngerem Schwefelkies überwachsen werden. Baryt tritt als mm- bis cm-mächtige massive Spaltenfüllung auf. In vertikalen Spalten wurde bilateral-symmetrisches Wachstum beobachtet. Baryt kann in unterschiedlichen Grau- und Braun-, seltener Gelbtönen gefärbt sein, doch treten auch häufig vollkommen klare Kristalle auf. Die Kristalle weisen durchschnittliche Größen von wenigen mm bis zu 1 cm und maximale Längen von 4–5 cm auf. Sie sind generell flachtafelig und flächenarm ausgebildet. Beherrschende Form ist das Basispinakoid {001}, das nach [010] gestreckt ist. In Kombination mit dem Vertikalprisma {110} ergeben sich flachtafelige Kristalle mit rautenförmigem Querschnitt. Das seltene zusätzliche Auftreten des II. Pinakoids (Brachypinakoid) {010}, meist nur unbedeutend ausgebildet, erzeugt sechseckige Tafeln. Kombinationen von Basispinakoid, Vertikalprisma und I. Pinakoid {100} ergeben Kristalle des Typs „Meißelspat“. Die schmal ausgebildeten Prismenflächen {011} und ?{111} können den Winkel zwischen Basis und Vertikalprisma bzw. II. Pinakoid abstumpfen. F. SANDBERGER (1850: 14) beschrieb als zusätzliche Form das Querprisma {101}, das von mir nicht beobachtet wurde. Nicht selten wurden zonierte Kristalle (Farbwechsel dunkelgrau – hellgrau – farblos) beobachtet. Die Zonierung läßt sich auf den Basis-Flächen beobachten und verläuft parallel den Begrenzungsflächen ({110}, {010} und {100}). Die Ursache der Zonierung dürften fein verteilte Einschlüsse von $FeS_2$ sein, da die Barytkristalle an manchen Stellen in ihren äußeren Partien senkrecht zur Kristalloberfläche orientierte Schläuche und langprismatisch ausgebildete Kristalle von Schwefelkies einschließen. Den Kopf dieser merkwürdigen Bildungen stellt häufig ein kleiner, u. d. M. nicht auflösbarer Kristall dar. In schmalen Klüften liegen die Kristalle mit der Basis auf der Oberfläche des Nebengesteins. Die meist geringe Kluftweite führte dazu, daß hier die überwiegende Zahl der Kristalle unvollständig ausgebildet ist. In größeren Hohlräumen, in denen ein ungehindertes Kristallwachstum stattfinden konnte, ist die b-Achse häufig senkrecht zur Kluftoberfläche orientiert. Die halbquantitative Analyse (RFA) eines Barytkristalls wies einen sehr niedrigen $SrSO_4$-Gehalt (0,59 Gew. %) bei 99,41 % $BaSO_4$ nach (auf 100 % normiert).

Nebengestein der fossilen Barytbildungen sind neben Sericitgneis tertiäre Sandsteine und Konglomerate. Maximale Mächtigkeiten der (symmetrischen) Gangfüllungen werden am Geisberg mit 6 cm erreicht. Die Kristallform der fossilen Schwerspäte unterscheidet sich nicht von derjenigen der rezent bis subrezent gebildeten. Winzige jüngere Barytkristalle und -kristallsplitter können die nach oben weisende Oberfläche der ersten Generation überzuckern und dienen somit als „geologische Wasserwaage". Neben Gangmineralisationen treten fossil auch Barytkonkretionen bzw. Barytrosen auf, die die bekannte Eisblumenstruktur aufweisen.

**Silifizierungen** sind fossil aus tertiären Sedimenten von mehreren Stellen bekannt. Sie sind in allen beobachteten Fällen älter als Baryt. Sie zeigen typische Gelstrukturen (traubig-wulstige Aggregate und Krusten). Vor allem am Schulberg (oberhalb der Schützenhofquelle) treten Opal und Hyalith auf. Von dort wurden sie früher als Menilit (Leberopal) beschrieben. Bevorzugt bildeten sie sich auf Schichtflächen an der Grenze Sandstein–Schluffstein. Die Schluffsteine wirkten dabei als Barriere für die $SiO_2$-haltigen Lösungen. Selten haben sich Fließstrukturen auf den Schichtflächen erhalten. Untergeordnet treten Opal und Hyalith auch auf steilstehenden Kluftflächen auf. Von Kluft- und Schichtflächen aus kam es zur teilweise großflächigen Imprägnation von tertiären Sedimenten mit großem Porenvolumen (Sandsteine, Konglomerate). Weitere Verkieselungen des Tertiärs sind vom Geisberg, vom Bergkirchenviertel über der Saalgasse (an der Basis des Tertiärs über dem stauenden Sericitgneis) und von der Emser Straße bekannt.

Auffällig sind jaspisartige Verkieselungen (Hornstein), die einen hohen Eisengehalt der Lösungen belegen. Die z. T. blutroten Bildungen treten im Umkreis der Schützenhofquelle und an der Schwalbacher Straße auf. Dort wurden u. a. achat- und chalcedonartige Bildungen sowie kleine Quarzkriställchen beobachtet. An der Schützenhofquelle treten feinkristalline $SiO_2$-Varietäten auf, die phreatische Breccien verkitten. An anderen Stellen wurde Sericitgneis mit $SiO_2$-Lösungen getränkt.

Eine diagenetische Bildung von Hornstein- und Barytkonkretionen konnte in einem Geröllhorizont der Cerithienschichten am Dern'schen Gelände nachgewiesen werden. Unsicher, da nicht näher beschrieben, sind Silifizierungen im vom Thermalwasser durchströmten Sericitgneis in der Salmquellen-Bohrung und Hornsteinknollen und -geoden aus dem Tertiär der Faulbrunnen-Bohrung.

Bleichung und Kaolinisierung des Sericitgneises wird von der Kochbrunnen-, Salmquellen- und Adlerquellen-Bohrung erwähnt. Nähere Beschreibungen fehlen.

Bis zur tiefen Fassung der Wiesbadener Mineralquellen in den 50er und 60er Jahren dieses Jahrhunderts konnte sich unter oxidierenden Verhältnissen ein **karbonatischer Sinter** entwickeln. Er ist z.T. eisenhaltig. Als oberflächennahe Bildung (< 5 m unter der Erdoberfläche) setzte er sich in quartären, an der Schützenhofquelle möglicherweise in tertiären Sedimenten ab. Er besteht überwiegend aus $CaCO_3$.

Nicht näher untersucht werden konnten amorphe bis feinkristalline Niederschläge unterschiedlichster Braun-, Gelb- und Rotfärbungen (**Verockerungen**). Sie sind sowohl rezent wie auch fossil bekannt und treten oberflächennah auf Klüften des Sericitgneises und in den Porenhohlräumen der tertiären und quartären Sedimente auf. Frühere Autoren haben diese Bildungen häufig als „Sinter" angesprochen. Meist sind sie die jüngste Phase (bezogen auf $FeS_2$ und Baryt). Rezent bis subrezent treten Verockerungen im Mischwasser des überlaufenden Thermalwassers mit kaltem, oberflächennahem Grundwasser auf.

Es ergibt sich eine grobe Zonierung der insgesamt oberflächennahen Mineralisation: Tieferes „Stockwerk" bilden $FeS_2$, Baryt und $SiO_2$. Oberflächennäher treten karbonatische Sinter und Verockerungen auf.

### 5.2. Verbreitung und Höhenlage der Mineralisationen

Abb. 13 zeigt die Verbreitung der Mineralisationen und ihre Höhenlagen. Die Verbreitung der rezenten bis subrezenten Mineralisationen ist auf schmale Areale um die heutigen Quellaustritte beschränkt. Fossile Mineralisationen (Höhenlagen über dem heutigen Quellenspiegel bei ca. 120 m über NN und/oder Lagen in großer Entfernung zu heutigen Quellaustritten) treten an zahlreichen Stellen im Stadtgebiet auf. Fundgebiete sind: Leberberg und Geisberg, der morphologische Anstieg über der Saalgasse (Bergkirchenviertel), der Schulberg (oberhalb der Schützenhofquelle), das Gebiet an der Kreuzung Schwalbacher Straße–Emser Straße und die Umgebung der Kreuzung Schwalbacher Straße–Rheinstraße.

Die über dem heutigen Quellenspiegel der Schützenhofquelle auftretenden oxidischen Sinterablagerungen (Verockerungen) führten bereits sehr früh zur Erkenntnis, daß die Quellen ursprünglich in einem höheren Niveau als heute ausgetreten sein müssen (HABEL 1801: 96–97; DOROW 1819: 63–64; G. SANDBERGER 1860; v. COHAUSEN 1873: 316–317; 1877: 406; 1890: 11; KOCH 1880a: 70, 71). v. COHAUSEN (1877: 406) stellte sich als früheres Quellenzentrum einen „Sinterhügel" über dem Schützenhof vor, „etwa auf der Dreispitze zwischen der Emser und Schwalbacher Strasse, vielleicht noch etwas weiter westlich" gelegen. – Die von MICHELS (1964) vertretene Ansicht, Thermalwässer seien in der geologischen Vergangenheit auch nordöstlich der Taunusstraße ausgetreten, kann bestätigt werden. Seiner Vermutung, das „Spal-

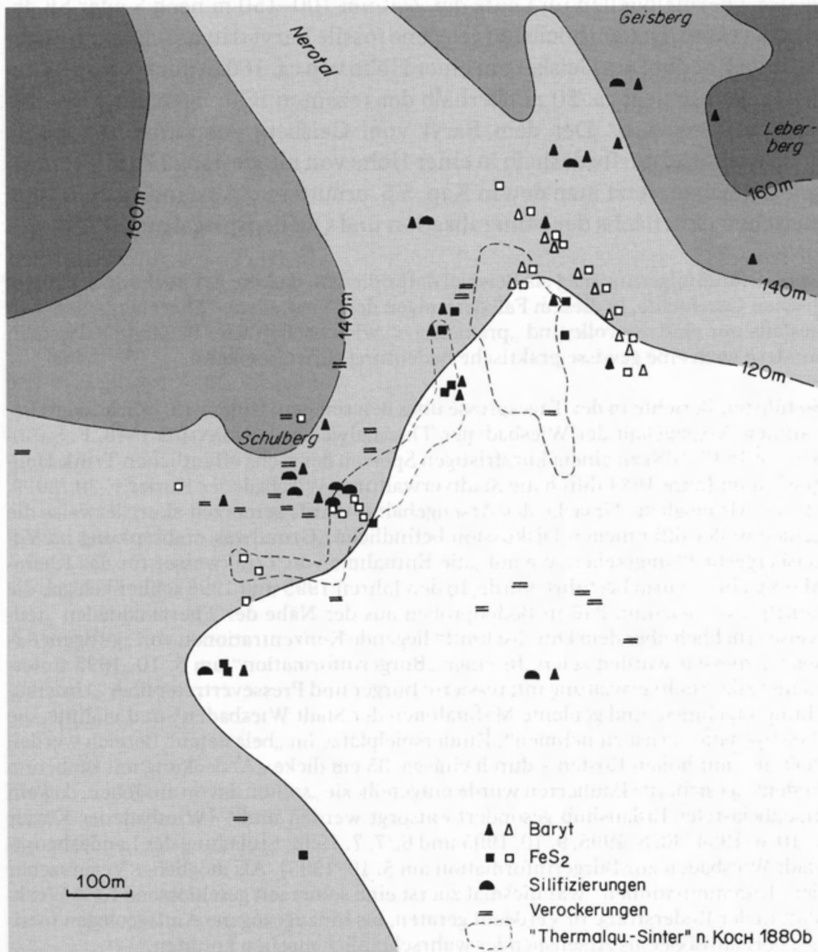



Abb. 13. Verbreitung der Mineralisationen.
Geschlossene Symbole: Mineralisation über der dargestellten Höhe (100, 120, 140, 160 m über NN).
Offene Symbole: Mineralisation unter der dargestellten Höhe (Bohrungen).

tensystem" würde sich bis nach Naurod (Bl. 5815 Wehen) fortsetzen, haben bereits ANDERLE & KIRNBAUER (1993: 118–119) widersprochen.

Die NW-Grenze der Mineralisationen legt nahe, daß die Hauptaufstiegswege der Thermalquellen im Laufe der Zeit um 100–150 m nach S oder SE gewandert sind. Der am höchsten gelegene fossile Baryt tritt am ehemaligen jüdischen Friedhof am Geisberg in einer Höhe von ca. 160 m über NN auf. Diese Höhenlage liegt ca. 50 m oberhalb der rezenten Bildungen der Thermalquellen-Paragenese. Der dem Baryt vom Geisberg zuzuordnende fossile Quellenspiegel dürfte deshalb in einer Höhe von mindestens 170 m über NN gelegen haben, setzt man den in Kap. 5.5. ermittelten Abstand von ca. 10 m zwischen Oberfläche der Mineralisation und Quellenspiegel an.

Diese Schlußfolgerung mag als Beispiel dafür dienen, daß die Erforschung der geologischen Geschichte, in diesem Fall derjenigen der Wiesbadener Thermalquellen, keinesfalls nur eine reizvolle und „praxisferne" wissenschaftliche Betätigung darstellt, sondern auch eine gewisse praktische Bedeutung aufweisen kann.

So führten Berichte in der Tagespresse über den seit dem frühen 19. Jahrhundert bekannten Arsengehalt der Wiesbadener Thermalwässer (ANONYMUS 1846, F. SANDBERGER 1847: 108) zu einem kurzfristigen Sperren der sechs öffentlichen Trink-Heilquellen im Jahre 1984 durch die Stadtverwaltung (Wiesbadener Kurier v. 29./30. 9. 1984). Als mögliche Ursache des Arsengehaltes wurde seinerzeit skurrilerweise die gerade in der öffentlichen Diskussion befindliche „Grundwasserabsenkung im Vogelsberggebiet" angesehen, die auf „die Entnahme von Trinkwasser für das Rhein-Main-Gebiet" zurückgeführt wurde. In den Jahren 1995 und 1996 schließlich gab die Lokalpresse bekannt, daß in Bodenproben aus der Nähe der Thermalquellen „teilweise erheblich über dem Durchschnitt" liegende Konzentrationen von „giftigem Arsen" gemessen worden seien. In einer „Bürgerinformation" am 5. 10. 1995 unterrichtete die Stadtverwaltung interessierte Bürger und Pressevertreter über „Untersuchungsergebnisse und geplante Maßnahmen der Stadt Wiesbaden" und mahnte, die Arsengehalte „ernst zu nehmen". Kinderspielplätze im „belasteten" Bereich werden derzeit – mit hohen Kosten – durch eine ca. 35 cm dicke „Abdeckung mit sauberem Boden" „gesichert"; Bauherren wurde mitgeteilt, sie „sollten davon ausgehen, daß ein arsenbelasteter Erdaushub gesondert entsorgt werden muß" (Wiesbadener Kurier v. 10. 6. 1994, 30. 8. 1995, 9. 10. 1995 und 6./7. 7. 1996; Einladung der Landeshauptstadt Wiesbaden zur Bürgerinformation am 5. 10. 1995). Als möglicher Verursacher der „Kontaminationen" war diesmal zuerst eine seinerzeit geschlossene KFZ-Werkstatt in der Röderstraße in Verdacht geraten, bis hinzugezogene Amtsgeologen fossile Thermalwässer als Arsenspender wahrscheinlich machen konnten.

Die Kenntnis von Verbreitung und Höhenlage fossiler Quellenabsätze kann dazu beitragen, Verbreitungsgebiete erhöhter geogener Arsengehalte im Wiesbadener Innenstadtbereich abzuschätzen. Die Bestimmung der minimalen Höhenlage des fossilen Thermalquellenspiegels auf 170 m über NN legt somit nahe, möglicherweise erhöhte geogene Arsengehalte mindestens bis zu dieser Höhe in Betracht zu ziehen. Als Träger des Arsengehaltes kommen sowohl die ubiquitären braunen Niederschläge (Verockerungen) wie auch die verbreiteten Schwefelkiesausscheidungen in Frage (Aufschlußpunkt 26). Vor allem gelförmig abgeschiedenes $FeS_2$ (Melnikovit-Pyrit) kann Arsengehalte aufweisen (RAMDOHR 1975: 850, 863–864).

## 5.3. Bevorzugte Raumlagen der Mineralisationen

Die Auswertung der Häufigkeit der Raumlagen der rezenten bis subrezenten Kluftfüllungen mit Mineralisationen der Thermalquellen-Paragenese belegt, daß überwiegend saigere bis steilstehende Klüfte mineralisiert worden sind. Es überwiegen NNW–SSE-Richtungen (Q-Klüfte). Mit geringerer Häufigkeit wurden Schieferungstrennfugen ($s_1$) und horizontale bis subhorizontale Klüfte mineralisiert. Andere Raumlagen (steile Diagonalklüfte, senkrecht zu $s_1$) treten nur untergeordnet auf. Mineralisierte Klüfte mit ENE–WSW bis NE–SW-Richtung sind ebenfalls nur untergeordnet vertreten. Im Sericitgneis können kleine Apophysen in das Trennflächensystem der 1. Schieferung abzweigen.

Da die Mineralisationen Klüfte und Hohlräume ausfüllen, die als Aufstiegswege des Thermalwassers genutzt wurden, erlaubt die Auswertung der mineralisierten Kluftlagen Aussagen zur Raumlage der bevorzugten Wasserwegsamkeiten des Thermalwassers. Das Maximum der Mineralisationen auf NNW–SSE-Klüften legt nahe, daß diese Richtung für den Thermalwasseraufstieg eine hohe Bedeutung besitzt. Dies war bislang nur für den Thermalwasseraustritt am postvaristischen Quarzgang der Schützenhofquelle bekannt. Eine offensichtlich weniger bedeutende Rolle kommt streichenden Klüften (ENE–WSW) zu, auch wenn die stärkste Barytmineralisation in der Taunusstraße (Bohrung 20), die auch die größte Kluftweite aufweist, diese Richtung einnimmt. Die Hauptaufstiegswege des Thermalwassers dürften deshalb durch NNW–SSE- und (untergeordnet) ENE–WSW-Klüfte vorgezeichnet werden.

Mineralisierte Diagonalklüfte in NNE–SSW-Richtung wurden von mir nicht beobachtet. Lediglich die von MICHELS (1964) beschriebene fossile Barytmineralisation am Geisberg soll in klaffenden Klüften mit einem „Generalstreichen" von 35° (NNE–SSW) aufgetreten sein. Dieser Richtung messe ich deshalb keine oder aber nur eine sehr geringe Bedeutung für den Thermalwasseraufstieg zu. Bislang wurden Klüfte in dieser Richtung als Hauptaufstiegsweg angesehen („Thermalspalte"). Die sog. „Quellenlinie" stellt also keine tektonische Linie dar. Vermutlich dürfte die Aufreihung der wichtigsten Wiesbadener Thermalquellen ganz einfach dadurch zu erklären sein, daß die Quellen – hydraulischen Gesetzen folgend – nicht auf dem Geländerücken des Schulbergs und seiner nordöstlichen Fortsetzung bis zum Nerotal, sondern an seinem südöstlichen Fuße austreten (für diesen Hinweis danke ich H.-J. ANDERLE).

Eine Bestätigung erhalten diese Ergebnisse durch eine photogeologische Gefügeanalyse (SCHREIER 1993), die von N bis zum nördlichen Blattrand von

Bl. 5915 Wiesbaden reicht und den hier interessierenden Innenstadtbereich (wegen Bebauung) ausläßt. In der Auswertung, die überwiegend das rezente Bruchmuster erfaßt, tritt deutlich ein orthogonales Muster von NNW–SSE- und ESE–WNW-Lineationen in Erscheinung. Andere Richtungen sind unterrepräsentiert.

Wie die Schützenhofquellen-Bohrung zeigt, existieren besonders hohe Wasserwegsamkeiten in (zerklüfteten) Quarzgängen. In der Bohrung 'Große Adlerquelle' sind die Zonen verstärkter Mineralisation an Quarztrümer gebunden. Die Bohrungen in der Taunusstraße zeigen, daß auch die Trennflächengefüge im Sericitgneis zusätzliche Wasserwegsamkeiten bieten.

### 5.4. Alter der Mineralisationen

Die Frage nach dem Alter der Wiesbadener Thermalquellen hat schon zahlreiche Autoren beschäftigt; G. SANDBERGER (1860) widmete dieser Fragestellung eine eigene Veröffentlichung.

G. SANDBERGER (1860; 1861: 16–17) sprach sich für ein pleistozänes Entstehungsalter der Thermalquellen aus, wenn auch seine tektonischen Annahmen jeder Grundlage entbehren. Nicht nachvollziehbar ist der Rückschluß auf eine Existenz eisen- und arsenführender Quellen bereits während des Miozän, den HENRICH (1905: 412) aus dem von ihm entdeckten eisen- und arsenhaltigen Verbrennungsrückstand tertiärer Braunkohlenflözchen zog: Die sicher auf den Einfluß von Thermalquellen zurückzuführenden Eisen- und Arsengehalte können sich – durch den höhergelegenen fossilen Quellenspiegel bedingt – nachträglich gebildet haben. Fundierter ist die Argumentation von MICHELS (1961: 1215; 1964: 39), der aus „tektonischen Überlegungen" heraus auf ein Alter „mindestens seit Beginn des stärkeren Heraushebens des Rheinischen Gebirges – etwa nach der Mindel-Eiszeit – vor etwa 150000 bis 200000 Jahren", schloß - „wenn sie nicht doch noch wesentlich älter sind".

Die Untersuchung der Mineralisationen trägt leider nicht viel dazu bei, diese Frage sicher beantworten zu können. Die Feststellung, daß Baryt und Silifizierungen am Leber- und Geisberg in Sedimenten auftreten, die den *Corbicula*- und Hydrobienschichten des Mainzer Beckens äquivalent sind, besagt lediglich, daß deren Bildung in das Miozän oder in jüngere Zeiten fällt (cf. DELKESKAMP 1904: 163). Die bevorzugten Richtungen der mineralisierten Klüfte (Quer- und Längsklüfte) liefern keine brauchbare Altersinformation, da beide Richtungen bereits varistisch angelegt worden sind und im Laufe der Erdgeschichte bis heute mehrfach aktiviert worden sind. Gleiches gilt für die diagenetischen Baryt- und Hornsteinkonkretionen in Cerithienschichten am Dern'schen Gelände, da deren Diagenesealter nicht bekannt ist. Die Veränderung der Zusammensetzung der Thermalquellen-Paragenese im Laufe der Zeit (fossil treten ausschließlich oxidische Bildungen mit

Baryt und Silifizierungen auf, s. o.) trägt ebenfalls nicht dazu bei, das Alter der Quellen zu bestimmen.

Zwei Indizien legen ein jungtertiäres bis pleistozänes Alter der Wiesbadener Thermen nahe. So wurden bislang keine Gerölle hydrothermaler Bildungen in tertiären Sedimenten nachgewiesen. Das älteste mir bekannte Hornsteingeröll stammt aus den pleistozänen Mosbacher Sanden (Museum Wiesbaden). – Die Kartierung der fossilen Mineralisationen (Abb. 13) zeigt, daß diese relativ eng an die heutigen Thermalquellenaustritte gebunden sind (max. 150 m). Die Verbreitung der Mineralisationen legt deshalb nahe, daß die hydraulischen Verhältnisse im Wiesbadener Untergrund seit der Entstehung der Thermalquellen annähernd konstant geblieben sind. Ein hohes (tertiäres) Alter der Wiesbadener Thermen halte ich deshalb für unwahrscheinlich.

### 5.5. Bildungsmechanismen und -bedingungen

#### 5.5.1. Phreatische Breccien

An mehreren Stellen zwischen Taunusstraße und Bergkirchenviertel (im NE) und Schützenhofquelle (im SW) konnten hydrothermale bzw. phreatische Breccien nachgewiesen werden. An der Schützenhofquelle liegen sie über dem heutigen Quellenspiegel.

Phreatische bzw. hydrothermale Breccien mit palisadenartiger Ummantelung von Nebengesteinsklasten durch Gangarten oder auch Sulfide sind weltweit bekannte Erscheinungsformen in epithermalen Erzgängen und Mineralisationen, aber auch ein häufiges Phänomen in Geothermalsystemen (SILLITOE 1985). Voraussetzung für das Entstehen dieser Breccien ist der Aufbau eines hydrostatischen Druckes unter einer lokalen Barriere geringerer Permeabilität. Normalerweise wird er durch Selbstversiegelung (meist Silifizierung) verursacht. An der Druckzunahme können neben den aufsteigenden Wässern Gase beteiligt sein. Übersteigt der hydrostatische Druck des am Austritt gehinderten Thermalwassers die Summe von lithostatischem Druck und Zugfestigkeit des Gesteins, zerreißt die Barriere. Die plötzliche Druckentlastung in den mit Flüssigkeit gefüllten Rissen und Klüften bewirkt das Zerreißen (die Brecciierung) des umgebenden Gesteins, und meist das Entstehen gewaltiger Wasserdampfmassen. Externe Ereignisse (z. B. Aktivierung einer Störung durch Erdbeben, aber auch Gezeitenkräfte) können phreatische Explosionen anstoßen.

Die Komponenten dieser Breccien bestehen in Wiesbaden aus scharfkantigen Quarz- und Sericitgneisklasten von mm- bis cm-Größe; die Grundmas-

se wird aus palisadenartig aufgebautem $FeS_2$ oder $SiO_2$ gebildet. Abb. 6 zeigt ein typisches Beispiel. Typisch für diesen Bildungsmechanismus sind auch die unregelmäßigen, netzartigen und nicht entlang von Korn- oder Kristallgrenzen verlaufenden Risse sowie sich kreuzende Adern, Verzweigungen und Scharungen im Sericitgneis, die vor allem von Schwefelkies ausgefüllt werden und an zahlreichen Stellen in Wiesbaden beobachtet worden sind. Auch die feinkörnige Ausbildung von $FeS_2$ legt eine schnelle Ausscheidung nahe, da bei einem langsameren Wachstum größere Körner bzw. Kristalle zu erwarten wären.

In früheren, nicht zu bestimmenden Zeiten haben deshalb gelegentlich mit erheblicher Energie verbundene explosive Thermalwasseraustritte stattgefunden. Materielle Ursachen der thermalen Obstipationen waren Ausscheidungen von $SiO_2$ (Schützenhof) sowie $FeS_2$ und $CaCO_3$ (Kochbrunnen-Areal). Bezogen auf die lange Geschichte der Wiesbadener Thermen stellten katastrophale Ereignisse nur kurzfristige und seltene Episoden dar, wie das untergeordnete Auftreten der phreatischen Breccien belegt. Der friedliche Austritt des Thermalwassers und die gemächliche, aber stetige Bildung karbonatischen Sinters in Quelltümpeln herrschte vor.

### 5.5.2. Herkunft der Ionen

Das Wiesbadener Mineralwasser zählt zu den Natriumchlorid-Thermen. Untergeordnete Bestandteile sind Ca- und Sulfat-Ionen (W. FRESENIUS 1961). Der Salzgehalt der Thermalquellen des Taunussüdrandes wurde von MICHELS und anderen Autoren in zahlreichen Veröffentlichungen auf die osthessischen Zechsteinsalze bezogen (z.B. MICHELS 1926). Nach heute herrschender Auffassung, die bereits GRÜNHUT (1906) vertreten hatte, legen chemische, hydraulische und tektonische Gründe jedoch eine Ableitung der Salinarwässer von tertiären Evaporiten im Oberrheingraben nahe (u.a. STENGEL-RUTKOWSKI 1967; HÖLTING 1977).

Als wichtigster Ba-Spender (bei der Auslaugung des Ba aus Gesteinen im tieferen Untergrund) werden gemeinhin Feldspäte angesehen, doch kommt auch feinverteilter Baryt aus Sedimenten in Frage (SCHERP & STRÜBEL 1974: 162). Spekulativ sei hier die Ansicht geäußert, daß auch der Sericitgneis als Ba-Spender in Frage kommt, da er in seinem gesamten Verbreitungsgebiet einen mittleren Ba-Gehalt von 924 ppm (min.: 322, max. 2145 ppm) aufweist (ANDERLE & KIRNBAUER 1993: 119). Zumindest ein Teil des Ba könnte durch die NaCl-haltigen Thermalwässer aus ihm mobilisiert worden sein und möglicherweise nach wie vor herausgelaugt werden. Zusätzliche Ba-Spender könnten varistisch deformierte Barytgänge und -trümer darstellen, die an mehreren Stellen die Metavulkanite (Sericitgneis, Grünschiefer) der

Vordertaunus-Einheit durchsetzen. In dem von ANDERLE & KIRNBAUER (1993) beschriebenen Vorkommen von Naurod (Bl. 5815 Wehen) wurde eine verkarstete Baryt-Gangmineralisation beobachtet, die die Auflösung des Baryts unter oberflächennahen Verhältnissen belegt.

Der $SO_4$-Gehalt der Wiesbadener Thermen wurde von MICHELS (1966: 48) auf die osthessischen Zechsteinsalze zurückgeführt. HÖLTING (1969: 348) vertrat eine Zufuhr $SO_4$-reicher Wässer aus gipsführenden Tertiärschichten des nördlichen Oberrheingrabens bzw. des Mainzer Beckens. CARLÉ (1975: 212) bezog den Sulfatgehalt auf Tiefensolen. S-Isotopenuntersuchungen von NIELSEN & RAMBOW (1969) erlaubten keine Aussage über die Herkunft des Sulfatgehaltes der Thermalwässer am nördlichen Ende des Oberrheingrabens. Bislang nicht erklärt ist eine zwar geringe, aber signifikante Zunahme des $SO_4$-Gehalts in den Wässern des Kochbrunnens, der Schützenhofquelle und des Faulbrunnens im Laufe der letzten 100 Jahre (Tab. 2). Der Anstieg konnte teilweise durch die Neufassungen der Quellen (Tiefbohrungen) unterbrochen oder rückgängig gemacht werden.

### 5.5.3. Physikalisch-chemische Voraussetzungen der Barytbildung

Mehrere Beobachtungen legen nahe, daß rezente bis subrezente Mineralisationen in einem sehr oberflächennahen Niveau auftreten. Abb. 4 zeigt ein Profil der Bohrungen in der Taunusstraße (9–23). In die Profillinie wurden zusätzlich die Daten der Aufschlußpunkte 2 (Kochbrunnen-Brg.), 4 (Salmquellen-Brg.), 8, 19 (beide Hotel Rose) und 26 (Baugrube Saalgasse 10–14) projiziert. Die maximale Höhenlage der Thermalquellen-Paragenese liegt am Austrittsort von Kochbrunnen und Salmquelle bei ca. 112,5 m über NN. Nach SE nimmt sie kontinuierlich bis auf ca. 104 m über NN ab (die Bohrungen 9 und 10 konnten keine Mineralisationen nachweisen). Eine kongruente Tendenz zeigt die Höhenlage der Oberfläche des artesisch gespannten Thermalwassers, das in ca. 1 m Abstand über dem in Abb. 4 nicht dargestellten oberen Grundwasserstockwerk (Mischwasser aus Porengrundwasser der quartären Sedimenten mit Thermalwasser) verläuft. Beide Höhenlinien weisen einen relativ konstanten Abstand von ca. 10 Höhenmetern auf. Tab. 1 bestätigt einen mehrere Meter großen Abstand zwischen den Spiegeln von Mineralisation und Therme auch für die anderen Thermalquellen-Bohrungen. Ich sehe diesen relativ gleichmäßigen Abstand und das gleichfalls kongruente Verhalten der oberflächennahen Temperaturen des Thermalwassers (Abb. 4) als einen Beleg für die rezente bis subrezente und oberflächennahe Bildung von Schwerspat und Schwefelkies an: Die am stärksten mineralisierte Zone (Aufschlußpunkte 17, 2, 4, 18, 20) deckt sich mit dem Bereich des rezenten Thermalwasseraufstiegs bzw. demjenigen der höchsten oberflächennahen Temperaturen des Thermalwassers.

Tab. 1. Oberflächen von Mineralisationen und Thermalwässern

| **Brunnen** | **Oberfläche der Mineralisation (m über NN)** | **Oberfläche des Thermalwassers (m über NN)** |
|---|---|---|
| Kochbrunnen (Brg.) | 111,9 | 118,9 (123,1) |
| Salmquelle (Brg.) | 108,1 | k.A. (122,8) |
| Gr. Adlerquelle | 113,1 | 118,7 |
| Kl. Adlerquelle | 111,7 | 118,7 |
| Schützenhofquelle | 113,1 | 119,0 |
| Faulbrunnen | 111,9 | 116,5 |

Eine besondere Bedeutung zur Klärung der Bildungsbedingungen von Schwefelkies und Baryt aus dem Wiesbadener Thermalwasser besitzen Kochbrunnen- und Salmquellen-Bohrung. In beiden Bohrungen wurden oberflächennahe Mineralisationen in von Thermalwässern durchflossenen Klüften angetroffen. Trotz des annähernd identischen Wasserchemismus in beiden Bohrungen wiesen die Mineralisationen unterschiedliche Ausbildungen auf (MICHELS 1966).

Die Kochbrunnen-Bohrung traf überwiegend Pyrit an. Baryt trat nur untergeordnet auf. Eine dichte $FeS_2$-Imprägnation bzw. -Versinterung der hangenden Dezimeter des Sericitgneises (an der Grenze zur quartären Überdeckung) sorgte für eine Abdichtung nach oben und verhinderte den Austritt des gespannten Thermalwassers (MICHELS 1966). Die recht konstante Wassertemperatur unterhalb der Versinterung betrug 64–68° C. Das reichliche Auftreten von $FeS_2$ in der Bohrung belegt reduzierende Verhältnisse.

Im Gegensatz dazu trat in der nur wenige Meter entfernt abgeteuften Salmquellen-Bohrung neben Schwefelkies reichlich Schwerspat auf. Die Temperatur des Thermalwassers innerhalb des varistischen Grundgebirges stieg von 39° C (im Hangenden) bis auf 67,5° C (Endteufe). Die nach unten zunehmenden Temperaturen belegen, daß im oberen Bereich der Bohrung ein Mischwasser angetroffen wurde. Es liegt deshalb nahe, die reichlich auftretenden Barytbildungen in dieser Bohrung mit dem Eindringen des Oberflächenwassers in Zusammenhang zu bringen. Auch die in den Bohrungen in der Taunusstraße nachgewiesene, nach S abfallende Oberfläche der Mineralisationen (Abb. 4) legt einen solchen Zusammenhang nahe: Sie könnte den – infolge zunehmender Vermischung – nach S abfallenden Grenzverlauf der sich mischenden Oberflächen- und mineralisierten Thermal- bzw. Tiefengrundwässer nachzeichnen.

Tab. 2. Ausgewählte chemische und physikalische Parameter Wiesbadener Thermalwässer. k. A. = keine Angabe

| Brunnen | Jahr | Ba [ppm] | Sr [ppm] | $SO_4$ [ppm] | Temp. [°C] | Nachweis |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kochbrunnen | 1885 | 0,749 | 10,46 | 63,07 | | Hintz & Grünhut (1907: 71) |
| | 1904 | 0,669 | 12,48 | 62,42 | 65,7 | Hintz & Grünhut (1907: 71) |
| | 1904 | 0,668 | 12,48 | 62,43 | 65,7 | Schütze (1907: 265) |
| | 1931 | 0,672 | 11,98 | 62,55 | 65,3 | L. & R. Fresenius (1936: 29) |
| | 1941 | 0,67 | 12,28 | 65,02 | 65,3 | Michels (1955: 115) |
| | 1948 | k.A. | k.A. | 65,0 | | Hölting (1985: Tab. 1) |
| | 1962 | k.A. | k.A. | 68,6 | 65,3 | Fresenius, W. & Schneider (1962) |
| Kochbrunnen-Brg. | 1966 | 0,85 | 14,1 | 65,2 | 65,8 | Städt. Tiefbauamt |
| | 1967 | 0,85 | 14,1 | 65,2 | 66,3 | Fresenius, W. et al. (1978: 208) |
| | 1986 | 0,87 | 15,3 | 68,9 | 67,3 | Städt. Tiefbauamt |
| Salmquellen-Brg. | 1967 | k.A. | k.A. | 66,0 | 62,6 | Städt. Tiefbauamt |
| | 1986 | 0,5 | 15,3 | 68,0 | 64,2 | Städt. Tiefbauamt |
| Pariser-Hof-Qu. (Brg.) | 1992 | 0,7 | 15,9 | 81,4 | | Städt. Tiefbauamt |
| Spiegelquelle | 1856 | k.A. | k.A. | 58,30 | 66,2 | Schütze (1907: 267) |
| Sonnenberg-Quelle | 1895 | 0,815 | 11,77 | 61,97 | 50,0 | Schütze (1907: 268) |
| | k.A. | 0,83 | k.A. | 61,06 | | Delkeskamp (1902: 125) |
| Gr. Adlerquelle | k.A. | 0,26 | k.A. | 55,61 | | Delkeskamp (1902: 125) |
| | 1896 | 0,257 | 11,45 | 67,34 | 64,4 | Schütze (1907: 265-266) |
| | 1932 | 0,278 | 12,17 | 66,41 | | L. & R. Fresenius (1936: 29) |
| | 1951 | k.A. | k.A. | 64,5 | | Hölting (1985: Tab. 1) |
| Gr. Adlerquelle (Brg.) | 1956 | k.A. | k.A. | 66,6 | | Fresenius, W. (1956: 14) |
| | 1959 | 0,3 | 12,7 | k.A. | | Hölting (1982: 184, 191) |
| | 1971 | k.A. | 12,8 | 67,7 | 66,7 | Städt. Tiefbauamt |
| | 1972 | k.A. | k.A. | 65,3 | 66,4 | Städt. Tiefbauamt |
| | 1986 | 0,53 | 15,5 | 67,8 | 65,1 | Städt. Tiefbauamt |
| Drei-Lilien-Quelle | 1935 | 0,479 | 19,76 | 70,53 | | L. & R. Fresenius (1936: 29) |
| | 1960 | k.A. | k.A. | 75,3 | 59,2 | Fresenius, W. (1961: 1223) |
| | 1986 | 0,53 | 15,4 | 70,2 | 57,9 | Städt. Tiefbauamt |
| Quelle zu den vier Jahreszeiten | 1904 | 0,323 | 12,59 | 65,68 | 50,4 | Schütze (1907: 268) |
| Quelle zum Kölnischen Hof | 1906 | 0,437 | 5,234 | 65,61 | 55 | Schütze (1907: 269) |
| Schützenhofquelle | 1879 | k.A. | 9,712 | 105,4 | 49,2 | Schütze (1907: 266) |
| | 1933 | 0,040 | 9,615 | 106,9 | | L. & R. Fresenius (1936: 29) |
| | k.A. | k.A. | k.A. | 115,6 | | Fresenius, W. (1956: 14) |
| Schützenhofquelle (Brg.) | k.A. | k.A. | 15,4 | 68,6 | | Öffentl. Aushang 1996 |
| | 1970 | k.A. | k.A. | 112,9 | 46,9 | Städt. Tiefbauamt |
| | 1986 | 0,24 | 14,6 | 114,0 | 49,3 | Städt. Tiefbauamt |
| Kl. Schützenhofqu. (Gemeindebadqu.) | 1886 | 0,255 | 8,554 | 106,8 | 45,4 | Schütze (1907: 267) |
| Wilhelmsheilanstalt | 1871 | 0,125 | k.A. | 65,50 | 40,1 | Schütze (1907: 269-270) |
| | k.A. | 0,124 | k.A. | 65,80 | | Delkeskamp (1902: 125) |
| Qu. d. Hotels Cäcilie | 1850 | k.A. | k.A. | 68,51 | 51-52 | Schütze (1907: 270) |
| Bäckerbrunnen | k.A. | k.A. | 15,3 | 68,4 | | Öffentl. Aushang 1996 |
| Faulbrunnen | 1857 | k.A. | k.A. | 71,22 | 14,0 | Schütze (1907: 270) |
| | 1930 | k.A. | k.A. | 77,91 | | L. & R. Fresenius (1936: 34) |
| | 1948 | 0,09 | 8,2 | 94,8 | 17,0 | Michels (1955: 114), Fresenius, W. (1956: 15) |
| | 1951 | k.A. | k.A. | 94,8 | | Hölting (1985: Tab. 1) |
| Faulbrunnen (Brg.) | k.A. | k.A. | 10,9 | 98,8 | | Öffentl. Aushang 1996 |
| | 1989 | 0,16 | 12,5 | 98,6 | 17,4 | Städt. Tiefbauamt |

Zahlreiche physikalisch-chemische Parameter ermöglichen und steuern die $BaSO_4$-Bildung. Die wichtigsten sind, ein entsprechendes Ionen-Angebot vorausgesetzt, die Konzentrationen von Ba, Sr, $SO_4$, Na und Cl sowie Temperatur und Druck. Tab. 2 stellt die relevanten Parameter für einige Wiesbadener Quellen und Brunnen, soweit sie mir bekannt sind, zusammen.

Ungeachtet der teilweise alten Analysenwerte zeigt sich, daß die $SO_4$- und Sr-Konzentrationen aller Wässer in einem ähnlichen Größenbereich liegen (Sr: ca. 5–20 ppm; $SO_4$: ca. 55–75 ppm, in der Schützenhofquelle und im Faulbrunnen bis zu 115 ppm). Auffällig sind die z.T. sehr unterschiedlichen Ba-Konzentrationen (ca. 0,04–0,85 ppm). Positive Korrelationen zwischen Ba-Konzentration und Temperatur, Sr- oder $SO_4$-Gehalt existieren nicht. Allerdings scheint der Ba-Gehalt von der Lage der Quelle bzw. des Brunnens abzuhängen: Die Thermalwässer im Kochbrunnen-Areal (Kochbrunnen, Kochbrunnen-Brg., Salmquellen-Brg., Pariser-Hof-Quellen-Brg., Sonnenberg-Quelle) zeichnen sich durch hohe Ba-Konzentrationen (0,5–0,87 ppm) aus. Mittlere Ba-Konzentrationen (0,26–0,53 ppm) zeichnen die Wässer im Adlerquellen-Areal (Große Adlerquelle, Große-Adlerquellen-Brg., Kölnische-Hof-Quelle, Vier-Jahreszeiten-Quelle und Drei-Lilien-Quelle) aus. Niedrige Ba-Konzentrationen (0,04–0,25 ppm) sind kennzeichnend für alle weiter im Süden auftretenden Wässer (Schützenhofquelle, Schützenhofquellen-Brg., Kleine Schützenhofquelle, Quelle der Wilhelmsheilanstalt, Faulbrunnen). Die Ursache für diesen bislang noch nicht konstatierten Trend der Ba-Verarmung nach S bzw. SW ist unbekannt.

Die Löslichkeit von $BaSO_4$ ist sehr gering. Im Temperaturbereich von 25°–65° C liegt sie in $H_2O$ (bei Atmosphärendruck) bei ca. 2,5–3,6 mg $BaSO_4$/kg $H_2O$ (Strübel 1967: 225; Gundlach et al. 1972: Tab. 4; Blount 1977: Tab. 3). Bereits geringe NaCl-Gehalte erhöhen die Löslichkeit von $BaSO_4$ erheblich, wie erstmals Lattermann (1889) feststellte. Legt man die experimentell ermittelten Daten zugrunde, so kann die etwa 0,11 molare Kochbrunnen-Sole bei 70° C ca. 14,6 mg $BaSO_4$/kg $H_2O$ lösen (die von Blount 1977 mit synthetischem $BaSO_4$ ermittelten Werte liegen etwas darunter).

Tatsächlich enthält das Wasser der Kochbrunnen- und Salmquellen-Bohrung lediglich 0,85 ppm bzw. 1,44 mg $BaSO_4$/kg $H_2O$ (Tab. 2). Es ist also an Ba untersättigt (eine Untersättigung besteht auch in bezug auf den Sr-Gehalt). Noch stärkere Ba- und Sr-Untersättigungen weisen die Konzentrationen der übrigen Wiesbadener Thermalwässer auf (min. 0,1 mg $BaSO_4$/kg $H_2O$). Zumindest im ternären System $BaSO_4$–$H_2O$–NaCl kann – bei den gemessenen Ba-, Sr- und $SO_4$-Konzentrationen – eine Temperaturerniedrigung deshalb keine Übersättigung der Lösung (und damit eine Barytbildung) bewirken, selbst unter der Annahme, daß zumindest ein Teil des Ba – durch vorherige Ausfällung als Baryt – der Lösungsfracht des Thermalwassers entzogen worden ist und somit in größeren Teufen höhere Konzentrationen aufweist.

Den experimentellen Daten zufolge wirken sich geringe Druckänderungen (im Bereich einiger bar) nur unwesentlich auf die Löslichkeit von $BaSO_4$ aus. Der Abfall des hydrostatischen Drucks in den oberen Zehnermetern der Thermen kommt für die Barytausscheidung deshalb ebenfalls nicht in Frage. Gleiches gilt für mögliche pH-Wert-Änderungen des Thermalwassers, die durch Vermischungen mit Grund- oder Oberflächenwässern erzeugt werden könnten: Der Kochbrunnen besitzt einen pH-Wert von 6,6 (FRESENIUS, W. & SCHNEIDER 1962). Das Porengrundwasser des oberen Grundwasserstockwerkes in der Taunusstraße (Nerotal) ist schwach sauer. $BaSO_4$ ist im Eh-pH-Diagramm in einem weiten Feld stabil (BROOKINS 1987: 168–169). Experimentelle Untersuchungen zeigen zudem, daß der pH-Wert die Löslichkeit von Baryt im pH-Bereich von 5 bis 9 nicht nennenswert beeinflußt (DOVE & CZANK 1995).

Gleichwohl belegen die Barytbildungen in den Aufstiegswegen der Wiesbadener Thermalwässer eine oberflächennahe $BaSO_4$-Abscheidung.

Zahlreiche, bislang nur ungenügend untersuchte Faktoren nehmen auf die Löslichkeit und die Bildungsbedingungen von $BaSO_4$ Einfluß. Von großer Bedeutung ist der Sr-Gehalt des Baryts: So liegt die Löslichkeit von Sr-haltigem Baryt in 1-normaler NaCl-Lösung etwa um eine Zehnerpotenz niedriger als diejenige von Sr-freiem Baryt (GUNDLACH et al. 1972: Tab. 2 – untersucht wurde Baryt mit 8,5 % $SrSO_4$). Für den Temperaturbereich zwischen 25° und 74° C beträgt sie 2,9–6,6 mg $BaSO_4$/kg $H_2O$. Werte für 0,1 molare NaCl-Lösungen sind mir nicht bekannt.

Zahlreiche experimentelle Arbeiten zeigen, daß weitere Faktoren einen bislang erst teilweise bekannten Einfluß, größtenteils wohl auf die Kristallmorphologie des Baryts, ausüben können (GUNDLACH et al. 1972; BLOUNT 1977; BENTON et al. 1993; CHRISTY & PUTNIS 1993). Dazu zählen das Ba-/$SO_4$-Mischungsverhältnis und der Übersättigungsgrad der Lösung, der Einfluß von Fremdionen bzw. Lösungsgenossen, die als positive und negative Katalysatoren (Reaktionsbeschleuniger oder -hemmer) wirken können, die Fließgeschwindigkeit der Lösung, der Grad der strukturellen Perfektion des Substrats, dessen Größe, Morphologie und das Verhältnis zwischen Substratoberfläche und Flüssigkeitsmenge.

Der genaue Bildungsmechanismus des Baryts bleibt also ungeklärt. Mit Sicherheit läßt sich nur aussagen, daß der Baryt im Wiesbadener Thermalquellengebiet aus schwach übersättigten Lösungen auskristallisiert ist: Der Übersättigungsgrad der Lösung wirkt sich auf die Kristallmorphologie aus (u. a. BENTON et al. 1993; SHIKAZONO 1994). Bei geringer Übersättigung der Mutterlauge entstehen – in Anlehnung an die Elementarzelle – wohl ausge-

bildete rhomboedrische Kristalle, wie sie für die Wiesbadener Thermalquellen-Paragenese typisch sind. Bei stark übersättigten Lösungen ist ein dendritisches Wachstum zu beobachten. Dieses Wachstum wurde lediglich in den fossilen Barytbildungen am Geisberg, die die sog. Eisblumenstruktur aufweisen, beobachtet.

### 5.5.4. Änderungen der chemischen und physikalischen Bedingungen im Laufe der Zeit

Eine Absenkung des Quellenspiegels seit den ersten Thermalwasseraustritten ist evident (Kap. 5.2.). Im Kleinen belegt dies die Mineralisationsabfolge Baryt – karbonatischer Sinter (z. B. an der Schützenhofquelle). Der umgekehrte Fall, der ein Ansteigen des Quellenspiegels belegen würde, ist nicht bekannt. Ein Vergleich der fossilen Mineralisationen (oberhalb des heutigen Quellenspiegels) mit den rezenten bis subrezenten Bildungen zeigt weitere Änderungen im Laufe der Zeit auf: Die sicher fossilen Mineralisationen weisen ausschließlich oxidischen Charakter auf. Aus Höhenlagen > 120 m über NN (am Leberberg, oberhalb der Saalgasse und am Schulberg) konnten ausschließlich Baryt und $SiO_2$-Bildungen, jedoch in keinem Fall Schwefelkies nachgewiesen werden. Da jegliche Hinweise auf die nachträgliche Verwitterung früher dort abgesetzter sulfidischer Phasen (z. B. in Form von Pseudo- oder Perimorphosen) fehlen, ist $FeS_2$ dort nie abgesetzt worden. Die größte Wahrscheinlichkeit scheint mir die Annahme aufzuweisen, daß zur Zeit dieser thermalen Ausscheidungen ausschließlich oxidierende, nie aber reduzierende Verhältnisse geherrscht haben. Einen weiteren Hinweis auf eine langfristige Änderung der physikalisch-chemischen Parameter stellen die in tertiären Sedimenten – über dem heutigen Quellenspiegel-Niveau – angetroffenen Barytknollen mit Eisblumenstruktur dar. Die Strukturen belegen dendritisches Wachstum und sind Indikator für eine Abscheidung aus stark übersättigten Lösungen (SHIKAZONO 1994). Spekulativ, aber vorerst nicht von der Hand zu weisen, könnte man den Wechsel einer (frühen) Ausscheidung aus stark übersättigten Lösungen zur (rezenten bis subrezenten) Bildung gut kristallisierter rhomboedrischer Kristalle aus einer gering übersättigten Mutterlauge mit der zunehmenden Auslaugung des Ba-Gehaltes der Sericitgneise im Aufstiegsbereich der Thermen erklären.

Die mehrfach beobachtete Mineralisationsabfolge $FeS_2$–Baryt–$FeS_2$ sowie die Einschlüsse von Schwefelkies in Baryt zeigen zudem, daß sich die Redox-Verhältnisse im Laufe der Abscheidung geändert haben. Die auch durch den Zonarbau des Baryts belegte Rhythmizität der Abscheidungsfolge ist kennzeichnend für postvaristische Mineralisationen in Mitteleuropa, wie dies u. a. BEHR & HORN (1984) exemplarisch am Wachstum des Kappenquarzes

beschrieben haben. Als Auslöser kurzfristiger Veränderungen des Redox-Verhältnisses kommen folgende Mechanismen in Frage: Quellverschlüsse durch Ausbildung einer Sinterkappe aus $FeS_2$, $SiO_2$ oder karbonatischem Sinter („Selbstversiegelung“) bewirken den Umschlag eines oxidierenden Regimes in reduzierende Verhältnisse. Ein Beispiel bilden die $FeS_2$-Überzüge auf quartären Bachgeröllen und jungpaläolithischen Artefakten unter der karbonatischen Sinterkappe an der Adlerquelle (MICHELS 1966: 26). Ein plötzlicher Thermalwasserdurchbruch, also das Entstehen einer neuen Austrittsöffnung, ausgelöst z. B. durch eine phreatische Explosion, bewirkt den Umschlag reduzierender Verhältnisse in ein oxidierendes Milieu.

Drei archäologische Angaben scheinen nahezulegen, daß sich der Quellenspiegel innerhalb der letzten 2000 Jahre gesenkt haben könnte.

Im Garten des „Posthalters Schlichter“, dem Wirt des Gast- und Badhauses Adler, „stieß man im Jahre 1807 [...] auf römisches Mauerwerk“, das „für das Fundament eines Bad=Gebäudes gehalten wurde“. Der „Boden der Bäder“ soll „bedeutend höher als die warmen Quellen gelegen haben“ (DOROW 1819: 64 n. Notizen des Stadtbaumeisters WEBER). Diese Angabe läßt sich heute nicht mehr überprüfen. – Ein weiteres römisches Bad war bereits im 18. Jahrhundert an der Schützenhofquelle entdeckt worden (DOROW 1819: 61-64). Seine genaue Lage ist unbekannt. Auf dieses römische Bad (ein „grosses längliches Bade-Basin, welches 20 bis 30 Personen aufnehmen konnte“) bezog sich REUTER (1884: 24), der dessen – uns unbekanntes – Höhenniveau als Beleg dafür ansah, daß die Quellen damals „auch höher dem Bergrücken des Schützenhofs hinauf [...] geflossen sein“ müssen. Auch diese Angabe bleibt unüberprüfbar. – Der in CZYSZ (1994: 61) veröffentlichte Plan von 1869 über die Ausgrabungen im „Schützenhof-Terrain“ verzeichnet unter „M“ eine „9,75 m lange, sehr gut erhaltene Mauer, hinter der die Quelle entsprang“. Die römische Mauer befand sich **oberhalb** der Quellfassung des 19. Jahrhunderts. Die Bauarbeiten anläßlich der Errichtung des Parkhauses Coulinstraße im Jahre 1976 haben die römische Quellfassung freigelegt. Der römische Quelltümpel, in dem über 250 römische Münzen gefunden worden sind (CZYSZ 1994: 62), befand sich im Bereich der Schützenhofquelle in der Lage vor 1969 (mdl. Mitt. J. DENGLER, Wiesbaden) und lag **unterhalb** der erneut freigelegten römischen Mauer. Die fast 2000 Jahre lang fixe Lage des Quelltümpels der Schützenhofquelle macht eine nennenswerte Senkung des Quellenspiegels in diesem Zeitraum sehr unwahrscheinlich.

Gegen eine deutliche Absenkung des Quellenspiegels seit römischen Zeiten spricht zudem die Höhenlage der archäologisch gut dokumentierten römischen Thermen an der Spiegel-, der Adler- und der Schützenhofquelle. Sie konnten mit Wasser aus dem Niveau der heutigen Quellenspiegel versorgt werden.

### 5.5.5. Vergleichbare Mineralisationen

Vergleichbare rezente bis subrezente Mineralisationen sind weltweit aus Quellenspalten und als oberflächennahe Sinterbildungen bekannt. Klassi-

sche Beispiele sind nordböhmische Bäder wie Karlsbad und Teplitz (HAIDINGER 1854; BISCHOF 1864: 223–225; BECKE 1883; LAUBE 1883 u. 1895), Thermen und kalte Säuerlinge in Frankreich (DAUBRÉE 1859; LACROIX 1910: 92–93) sowie Thermalquellen in Bolivien (LINDGREN 1922) und Japan (OHASHI 1920, zit. in HINTZE 1930: 3899). Eine rezente bis subrezente Barytbildung von Stolberg im Harz beschrieb BUSCHENDORF (1932). Dort wurde eine – noch mit der Mutterlauge (Temperatur: 12° C) gefüllte – Hohlraumfüllung mit prächtigen Kristallen angetroffen. HEWETT & FLEISCHER (1960) beschrieben zahlreiche Lagerstätten oxidischer Manganerze in den USA, die ihre Entstehung aktiven und erloschenen Thermalquellen verdanken. Die Erze werden an einigen Stellen von reichlich Baryt begleitet (l.c., p. 43).

Zahlreich sind die Berichte über die rezente Bildung von Baryt in Grubenaufschlüssen im Harz und im Ruhrgebiet (LATTERMANN 1889; HAUCHECORNE 1887; KRUSCH 1904; BÄRTLING 1911: 5, 12–13, 132 ff.; E. ZIMMERMANN 1926 u. 1935: 372; KUKUK 1938: 551, 616, Abb. 707, Taf. XIV; PATTEISKY 1954: 1338–1340). Diese Neubildungen gehen auf die Vermischung im Grubenbetrieb angefahrener Ba-haltiger Solen mit sulfatreichen Formations- bzw. Grubenwässern zurück. Die raschen und kräftigen Ausscheidungen führten dazu, daß Leitungen und Ventile teilweise bereits nach sechs Monaten zugesetzt waren. In manchen Gruben soll sich eine verstärkte $BaSO_4$-Ausfällung vor allem über Tage bemerkbar gemacht haben (BÄRTLING 1911: 5).

Zahlreiche fossile Barytmineralisationen in der Wetterau und im Mainzer Becken dürften eine den Wiesbadener Mineralisationen analoge Genese aufweisen. Bekannte Vertreter dieser Vorkommen sind die Barytrosen von Rockenberg in der Wetterau und die „Steinhardter Erbsen“ aus der Nähe von Bad Kreuznach. Weitere Vorkommen sind von beiden Rändern des Oberrheingrabens bekannt. Die Wiesbadener Mineralisationen schließen somit die von CARLÉ (1958: 95) beklagte Lücke der Mineralisationen am nördlichen Grabenende.

### 5.6. Schlußbetrachtung

Wie so häufig, wirft die vorliegende Arbeit mehr Fragen auf als sie zu beantworten vermag. Hierzu wären weitergehende Untersuchungsmethoden, die dem Privatmann nicht zur Verfügung stehen, notwendig. Sie soll deshalb gleichzeitig Anregung sein, mit geeigneten Untersuchungsmethoden dort weiterzuforschen, wo diese Arbeit aufhören muß. Einige davon möchte ich anführen. So könnte die Analyse von Flüssigkeitseinschlüssen in Baryt nicht nur die Salinitäten bestimmen und diese mit der Zusammensetzung des Thermalwassers vergleichen, sondern auch dessen genaue Entstehungs-

temperaturen ermitteln. Notwendig wäre auch ein Vergleich des Sr-Gehaltes der rezenten und der fossilen Baryte und eine Untersuchung der Zonierung vieler Kristalle. Erzmikroskopische Untersuchungen könnten die Altersverhältnisse der $FeS_2$-Phasen klären. S-Isotopenuntersuchungen an Baryt, Pyrit und Markasit könnten, zusammen mit entsprechenden Untersuchungen am Thermal- und Oberflächenwasser, dazu beitragen, die Herkunft der Sulfatkomponente zu eruieren (cf. NIELSEN & RAMBOW 1969). Röntgenfluoreszenzanalytische Untersuchungen von Sericitgneisen aus der unmittelbaren Umgebung der Thermalquellen könnten klären, ob ein Teil des Ba-Gehaltes der Thermen durch Auslaugung dem unmittelbaren Nebengestein entzogen worden ist und somit die alte Auffassung der Lateralsekretion überprüfen. Petrographische Untersuchungen müßten dem Problem der hydrothermalen Verkieselung nachgehen. Durch die Zusammenarbeit von geologischer Spezialkartierung und petrographischen und chemischen Untersuchungen könnte das Phänomen der Bleichung/Kaolinisierung des Sericitgneises erkundet werden.

Die oberflächennahe Mineralisation der Wiesbadener Thermen stellt meines Wissens in Deutschland das einziges Beispiel für eine Mineralisation dar, die auf ein aktives Hydrothermalsystem zurückgeht. Da vergleichbare fossile Mineralisationen in tertiären Sedimenten von zahlreichen Stellen in Deutschland bekannt sind, kommt weitergehenden Untersuchungen ein modellhafter Charakter zu. Deshalb sei zum Abschluß die Hoffnung ausgesprochen, daß – entsprechend einem neuseeländischen Vorbild – eine Forschungsbohrung nicht nur den weiteren Verlauf der Mineralisationen in größeren Teufen erkunden, sondern die mineralbildenden Prozesse in statu nascendi beobachten und messen könne.

## 6. Schriftenverzeichnis

### 6.1. Archivalien

ANONYMUS (1701): GRund=Riss von der Wiszbader Gemarckung wie selbige im Monat Octobris 1701 abgemessen und alle Distantien von Hein zu Hein oder andern ScheidungsGemercke nach der Wisbader gemeinen MessRuthen beschreiben werden. – Stadtarchiv Wiesbaden, Pläne I/1 a.

Berechtsamsakte Nr. 7337 (Verleihung „Sulphur“).– Hessisches Oberbergamt, Wiesbaden.

QUERFELD, G. (o. J. [ca. 1821]): Charte von der Quellen=Fassung des Kisselborns, und Leitung desselben bis zu dessen Auslauf in der Stadt. – ESWE-technicum, Wiesbaden.

WEBER, E. (1812): Vierzehn Stück Tractus Risse die Abtauchen der Stadt Wiesbaden enthaltend. – Stadtarchiv Wiesbaden, Pläne II/27-41.

## 6.2. Literatur


Anderle, H.-J., & Kirnbauer, T. (1993): Das Schwerspatvorkommen von Naurod im Taunus (Bl. 5815 Wehen) – eine prävaristische Gangmineralisation. – Geol. Jb. Hessen, **121**: 91–123, 10 Abb., 4 Tab.; Wiesbaden.

Anonymus (1846): Ueber das Vorkommen des Arsens in Mineralwässern. – Pharmaceut. Centralbl., **17**: 908–909; Leipzig.

Bärtling, R. (1911): Die Schwerspatlagerstätten Deutschlands in geologischer, lagerstättenkundlicher und bergwirtschaftlicher Beziehung. – VII + 188 S., 19 Abb.; Stuttgart (Union Dt. Verlagsgesellschaft).

Becke, F. (1883): Barytkrystalle in den Quellbildungen der Teplitzer Thermen. – Min. Petrogr. Mitt., N.F. **5**: 82–84, 2 Abb.; Wien.

Behr, H. J., & Horn, E.-E. (1984): Unterscheidungskriterien für Mineralisationen des varistischen und postvaristischen Zyklus, die aus der Analyse fluider Einschlüsse gewinnbar sind. – Schriftenr. Ges. dt. Metallhütten- u. Bergleute, **41**: 255–269, 3 Abb.; Weinheim.

Benton, W. J., Collins, I. R., Grimsey, I. M., Parkinson, G. M., & Rodger, S. A. (1993): Nucleation, Growth and Inhibition of Barium Sulfate-controlled Modification with Organic & Inorganic Additives. – Faraday Discuss., **95**: 281–297, 12 Abb., 2 Tab., 1 Taf.; London.

Bischof, G. (1864): Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. 2. Bd. (2. Aufl.). – XV + 952 S.; Bonn (A. Marcus).

Blount, C. W. (1977): Barite solubilities and thermodynamic quantities up to 300° C and 1400 bars. – American Mineralogist, **62**: 942–957, 9 Abb., 11 Tab.; Washington.

Braun, C. (1852/53): Monographie des Eaux Minérales de Wiesbaden. – V + 105 S., 2 Kt. (Tl. I) + 117 S. (Tl. II); Wiesbaden (C. W. Kreidel).

– (1855): Wiesbaden als Heilquelle und als climatischer Heilort (2. Aufl.).- VIII + 144 S.; Wiesbaden (C. W. Kreidel).

Brookins, D. G. (1987): Eh-pH Diagrams for Geochemistry. – 176 S., 98 Abb., 61 Tab.; Berlin – Heidelberg – New York – London – Paris – Tokyo (Springer).

Buschendorf, F. (1932): Minerogenetische Trachtstudien an jugendlichen Barytbildungen. – Ztschrft. Krist., **81**: 38–68, 11 Abb., 5 Taf.; Leipzig.

Carlé, W. (1958): Rezente und fossile Mineral- und Thermalwässer im Oberrheintal-Graben und seiner weiteren Umgebung. – Jahresber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N.F. **40**: 77–105, 3 Abb., 1 Taf.; Stuttgart.

– (1975): Die Mineral- und Thermalwässer von Mitteleuropa. Geologie, Chemismus, Genese. – XXIV + 643 S., 14 Abb., 1402 Analysentab., 15 Kt.; Stuttgart (Wiss. Verlagsgesellschaft).

Christy, A. G., & Putnis, A. (1993): The kinetics of barite dissolution and precipitation in water and sodium chloride brines at 44–85° C. – Geochimica et Cosmochimica Acta, **57**: 2161–2168, 5 Abb., 2 Tab.; Oxford.

v. Cohausen, A. (1873): Miscellen. – Ann. Ver. f. Nass. Alterthumskd. u. Geschichtsforsch., **12**: 316–327; Wiesbaden.

– (1877): Die Heidenmauer. – Ann. Ver. f. Nass. Altertumskd. u. Geschichtsforsch., **14**: 406–413; Wiesbaden.

– (1890): Zur Topographie des alten Wiesbadens. – Ann. Ver. f. Nass. Altertumskd. u. Geschichtsforsch., **21**: 9–13, 1 Abb., 3 Taf.; Wiesbaden.

– (1892): Zur Topographie des alten Wiesbaden. – Ann. Ver. f. Nass. Altertumskd. u. Geschichtsforsch., **24**: 232; Wiesbaden.

v. Cohausen, A., Florschütz, [B.], & Otto, F. (1891): Zur Topographie des alten Wiesbadens. – Ann. Ver. f. Nass. Altertumskd. u. Geschichtsforsch., **23**: 149–154, 1 Abb., 1 Taf.; Wiesbaden.

CZYSZ, W. (1988): 140 Jahre Chemisches Laboratorium Fresenius Wiesbaden (1. Teil: 1848-1945). – Jahrb. Nass. Ver. Naturkd., **110**: 35–110, 18 Abb., 3 Schemaskizzen; Wiesbaden.
– [mit einem Beitr. von B. PINSKER] (1994): Wiesbaden in der Römerzeit. – 270 S., 191 Abb., 20 Farbtaf.; Stuttgart (K. Theiss).
– (1995): Die Wiesbadener heißen Quellen von der Eiszeit bis zur Gegenwart. – Jahrb. Nass. Ver. Naturkd., **116**: 5–39, 23 Abb., 3 Tab.; Wiesbaden.
DAUBRÉE, A. (1859): Mémoire sur la relation des sources thermales de Plombières avec les filons métallifères, et sur la formation contemporaine des zéolithes. – Bull. Soc. géol. France, 2me sér., **16**: 562–591, 1 Taf.; Paris.
DELKESKAMP, R. (1900): Schwerspatvorkommnisse in der Wetterau und Rheinhessen und ihre Entstehung, zumal in den Manganerzlagerstätten. – Notizbl. Ver. Erdkde. Großhzgl. geol. Landesanst. Darmstadt (IV), **21**: 47–83; Darmstadt.
– (1902): Die weite Verbreitung des Baryums in Gesteinen und Mineralquellen und die sich hieraus ergebenden Beweismittel für die Anwendbarkeit der Lateralsecretions- und Thermaltheorie auf die Genesis der Schwerspathgänge. – Z. prakt. Geol., **10**: 117–126; Berlin.
– (1904): Die Genesis der Thermalquellen von Ems, Wiesbaden und Kreuznach und deren Beziehung zu den Erz- und Mineralgängen des Taunus und der Pfalz. – Verhandl. Ges. dt. Naturforscher u. Ärzte, **75**. Verslg. zu Cassel, 2. Tl., I. Hälfte: 161–165; Leipzig [wortgleicher Abdruck auch in: Internat. Mineralquellen-Ztg., **4**; Wien 1903].
– (1908/09): Beiträge zur Kenntnis von der Bildung der natürlichen Mineralquellen. – Balneol. Ztg., **19**: 58–60, 65–67, 73–75, 83–86, 92–96 + **20**: 17–21; Berlin.
– (1909): Ueber einige Vorkommen von Barytsandstein, ihre Entstehung und Verwertung. – Der Steinbruch, **4**: 94–97 + 111–115, 12 Abb.; Berlin.
DOROW, [W.] (1819): Opferstätte und Grabhügel der Germanen und Römer am Rhein. Erstes Heft. – XII + 2 Bl. + 66 S., 1 Titelkuper, 21 Taf., 1 Kt.; Wiesbaden (L. Schellenberg).
DOVE, P. M., & CZANK, C. A. (1995): Crystal chemical controls on the dissolution kinetics of the isostructural sulfates: Celestite, anglesite, and barite. – Geochimica et Cosmochimica Acta, **59**: 1907–1915, 6 Abb., 4 Tab.; Oxford.
EBHARDT, G. H. (1817): Geschichte und Beschreibung der Stadt Wiesbaden. – XIV + 264 S., 1 Kt.; Giessen (G. F. Heyer).
FLOSS, H. (1991): Die Adlerquelle – ein Fundplatz des mittleren Jungpaläolithikums im Stadtgebiet von Wiesbaden. – Archäol. Korrespondenzbl., **21**: 187–201, 7 Abb., 2 Taf.; Mainz.
FRESENIUS, H. (1886): Chemische Untersuchung der Schützenhof-Quelle zu Wiesbaden. – Jahrb. Nass. Ver. Naturk., **39**: 21–50; Wiesbaden.
FRESENIUS, L., & FRESENIUS, R. (1936): Neue Untersuchungen einiger Wiesbadener Quellen. (Kochbrunnen, Adlerquelle, Drei Lilienquelle, Schützenhofquelle, Faulbrunnen.). – Jahrb. Nass. Ver. Naturkd., **83**: 28–35, 7 Tab.; Wiesbaden.
FRESENIUS, R. (1850): Chemische Untersuchung der wichtigsten Mineralwasser des Herzogthums Nassau. – Jahrb. Ver. Naturkd. Hzgt. Nassau, **6**: 145–196, 2 Tab.; Wiesbaden.
FRESENIUS, W. (1956): Die Quellanalysen. – Sonderheft Kur- u. Fremdenblatt [Wiesbaden], **11/1956**: 13–15, 2 Abb. 3 Tab.; Wiesbaden.
– (1961): Die Zusammensetzung der Quellen. – Ärztl. Mitt., **46**: 1221–1224, 2 Abb., 2 Tab.; Köln.
FRESENIUS, W., KLEINSCHMIDT, G., & SCHNEIDER, W. (1978): Sanierung der Wiesbadener Thermen unter Berücksichtigung des Schutzes der Quellen, der Unterbindung von Verockerungen und der Verhinderung der Bildung von Oxidationspro-

dukten aus den primär vorhandenen Ammonium-Ionen. – Heilbad u. Kurort, **30**: 207–209, 2 Tab.; Bonn.

FRESENIUS, W., & SCHNEIDER, W. (1962): Über die Zusammensetzung des Sinters des Kochbrunnens in Wiesbaden. – Heilbad u. Kurort, **14**: 166; Gütersloh.

GRÜNHUT, [L.] (1906): Über die Entstehung der Mineralquellen des mittelrheinischen Schiefergebirges. – Z. prakt. Geol., **14**: 95; Berlin.

GUNDLACH, H., STOPPEL, D., & STRÜBEL, G. (1972): Zur hydrothermalen Löslichkeit von Baryt. – N. Jb. Min. Abh., **116**: 321–338, 4 Abb., 4 Tab.; Stuttgart.

HABEL, F. (1801): Etwas von der Naturgeschichte der zwei Stunden von Mainz gelegenen Stadt Wiesbaden. – Neue Schriften d. Ges. Naturforsch. Freunde zu Berlin, **3**: 95–103; Berlin.

HAIDINGER, W. (1854): Barytkristalle, als Absatz der neuen Militärbadhausquelle in Karlsbad. – Jahrb. k. k. geol. Reichsanst., **V**: 142–148, 3 Abb.; Wien.

HAUCHECORNE, [W.] (1887): Ueber Schwerspath als Absatz in Brunnenröhren der Grube „Güte des Herrn“. – Z. dt. geol. Ges., **39**: 224; Berlin.

HENRICH, F. (1905): Über das Vorkommen von erdiger Braunkohle in den Tertiärschichten Wiesbadens. – Z. prakt. Geol., **13**: 409–413; Berlin.

HEWETT, D. F., & FLEISCHER, M. (1960): Deposits of the Manganes Oxides. – Economic Geol., **55**: 1–55, 2 Abb., 13 Tab.; Lancaster.

HINTZ, E., & GRÜNHUT, L. (1907): Chemische und physikalisch-chemische Untersuchung des Kochbrunnen zu Wiesbaden. Nebst Untersuchungen über dessen Radioaktivität. – Jahrb. Nass. Ver. Naturkd., **60**: 29–72, 2 Tab.; Wiesbaden.

HINTZE, C. (1930): Handbuch der Mineralogie. I. Bd. 3. Abt. 1. Hälfte. Nitrate, Jodate, Karbonate, Selenite, Tellurite, Manganite, Plumbate. – VIII + S. 2675–3656, zahlr. Abb.; Berlin – Leipzig (W. de Gruyter & Co.).

HÖLTING, B. (1969): Die Ionenverhältnisse in den Mineralwässern Hessens. – Geol. Jb. Hessen, **97**: 333–351, 12 Abb.; Wiesbaden.

– (1977): Bemerkungen zur Herkunft der Salinarwässer am Taunusrand. – Geol. Jb. Hessen, **105**: 211–221, 1 Abb.; Wiesbaden.

– (1982): Geogene Konzentrationen von Spurenstoffen, insbesondere Schwermetallen, in Grundwässern ausgewählter Gebiete Hessens und vergleichende Auswertungen mit Grund-(Mineral-)Wässern anderer Gebiete. – Geol. Jb. Hessen, **110**: 137–214, 26 Abb., 17 Tab., 1 Taf.; Wiesbaden.

– (1985): Erl. Kt. Mineral- u. Heilwasservorkommen Hessen 1:300.000. – 37 S., 1 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.

KALB, G., & KOCH, L. (1931): Die Kristalltracht des Baryt in minerogenetischer Betrachtung. – Ztschrft. Krist., **78**: 169–170, 3 Abb.; Leipzig.

KLIPSTEIN, P. E. (1781): Mineralogischer Briefwechsel. I. Bändchen. – 198 + 72 + 4 S.; Giessen (J. F. Krieger).

– (1784): Mineralogischer Briefwechsel und andere Aufsätze für Freunde der Bergwerckswissenschaften. II. Band. – 477 S.; Gießen (Krieger d. J.).

KOCH, C. (1877): Beitrag zur Kenntniss der Ufer des Tertiär-Meeres im Mainzer Becken. – Ber. Senckenberg. naturforsch. Ges., **1876/1877**: 75–93; Frankfurt a.M.

– (1880a): Erl. geol. Specialkt. Preussen u. d. Thüring. Staaten 1: 25.000, Bl. [5915] Wiesbaden. – 71 S.; Berlin.

– (1880b): Geol. Specialkt. Preussen u. d. Thüring. Staaten 1: 25.000, Bl. [5915] Wiesbaden.–Berlin.

KOPP, K. (1986): Wasser von Taunus, Rhein und Ried. Aus zwei Jahrtausenden Wiesbadener Wasserversorgung. – 327 S., zahlr. Abb.; Wiesbaden (Stadtwerke Wiesbaden).

KRUSCH, P. (1904): Die Zusammensetzung der westfälischen Spaltenwässer und ihre Beziehungen zur recenten Schwerspatbildung. – Z. Dt. geol. Ges., **56**, Monatsber.: 36–40; Berlin.

KUKUK, P. (1938): Geologie des Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlengebietes. - XVII + 706 S., 743 Abb., 48 Tab., 1 Titelbild + 14 Taf. in Taf.-Bd.; Berlin (J. Springer).

LACROIX, A. (1910): Minéralogie de la France et de ses colonies. Tome quatrième.- III + 923 S., zahlr. Abb.; Paris (Ch. Béranger).

LATTERMANN, G. (1889): Die Lautenthaler Soolquelle und ihre Absätze. - Jahrb. Kgl. Preuss. geol. Landesanst. u. Bergakad. Berlin, **1888**: 259–283, 1 Taf.; Berlin.

LAUBE, G. C. (1883): Bemerkung über das Vorkommen von Hornstein und Baryt im Porphyrgebiete von Teplitz in Böhmen. - Verhandl. k. k. geol. Reichsanst., **1883**: 85–87; Wien.

- (1895): Ueber das Vorkommen von Baryt und Hornstein in Gängen im Porphyr von Teplitz. - [Tschermaks] Min.-petrogr. Mitt., N.F. **14**: 13–16; Wien.

LEPPLA, A., & STEUER, A. (1922): Geol. Kt. Preußen u. benachb. Bundesstaaten 1:25.000, Bl. [5915] Wiesbaden-Kastel (2. Aufl.).- Berlin.

- (1923): Erl. Geol. Kt. Preußen u. benachb. Bundesstaaten 1:25.000, Bl. [5915] Wiesbaden-Kastel (2. Aufl.). - 52 S.; Berlin.

LINDGREN, W. (1922): A recent deposit of a thermal spring in Bolivia. - Econ. Geol., **17**: 201–206; New Haven, Conn.

MICHELS, F. (1926): Der Ursprung der Mineralquellen des Taunus. - Ber. Senckenberg. Naturforsch. Ges., **56**: 225–238, 1 Abb.; Frankfurt a.M.

- (1955): Zur Geologie der Wiesbadener Mineralquellen. - Z. dt. geol. Ges., **106** (1): 113–117; Stuttgart.

- (1961): Zur Geologie des Wiesbadener Raumes und seiner Mineralquellen. - Ärztl. Mitt., **46**: 1214–1220, 5 Abb.; Köln.

- (1963): „Kraft aus der Erde Schoß“. - In: Wiesbaden. Festliche Kur- und Kongress-Stadt, **23**: 4–6, 6 Abb.; Frankfurt a.M.

- (1964): Von der Wiesbadener Thermalquellenspalte. - Jahrb. Nass. Ver. Naturkd., **97**: 37–40, 3 Abb.; Wiesbaden.

- (1966): Die Wiesbadener Mineralquellen (Neue Beiträge zur Klärung ihrer geologischen Position), nebst einem Anhang über C. E. STIFFT's Ansichten über die Genese unserer Mineralquellen. - Jb. Nass. Ver. Naturkd., **98**: 17–54, 7 Abb.; Wiesbaden.

MICHELS, F., & FRESENIUS, W. (1958): Lage, Geologie und Chemie der Wiesbadener Heilquellen. - Rund um den Kochbrunnen, **1**, 22 S., mehrere Abb.; Wiesbaden.

MICHELS, F., & THEWS, J. D. (1971): Die Thermalwasserbohrung Schützenhofquelle in Wiesbaden. - Jb. nass. Ver. Naturkd., **101**: 75–81, 1 Abb.; Wiesbaden.

NIELSEN, H., & RAMBOW, D. (1969): S-Isotopenuntersuchungen an Sulfaten hessischer Mineralwässer. - Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **97**: 352–366, 2 Abb., 2 Taf.; Wiesbaden.

OTTO, F. (1877): Geschichte der Stadt Wiesbaden. - XII + 179 S., 1 Kt.; Wiesbaden (F. Bossong).

PATTEISKY, K. (1954): Die thermalen Solen des Ruhrgebietes und ihre juvenilen Quellgase. - Glückauf, **90**: 1334–1348, 1508–1519, 15 Abb., 15 Tab.; Essen.

PRESCHER, H. (1978): Goethes Sammlungen zur Mineralogie, Geologie und Paläontologie. Katalog. - 716 S., 16 Abb.; Berlin (Akademie-Verl.).

PUCHELT, H. (1964): Zur Geochemie des Grubenwassers im Ruhrgebiet. - Z. dt. geol. Ges. **116** (1): 167–203, 12 Abb., 1 Tab., 1 Tab.anh.; Hannover

- (1967): Zur Geochemie des Bariums im exogenen Zyklus. - Sitz.ber. Heidelberger Akad. Wiss., Math.-naturwiss. Kl., **1967**, 4. Abh., 205 S., 29 Abb., 32 Tab.; Heidelberg.

- (1972): Barium.- In: WEDEPOHL, K. H. (ed.): Handbook of Geochemistry, **II,4**: 56–B - 56-O; Berlin–Heidelberg–New York (Springer-Verl.).

RAMDOHR, P. (1975): Die Erzmineralien und ihre Verwachsungen (4. Aufl.).- XXI + 1277 S., 637 Abb.; Berlin (Akademie-Verl.).

REICHETZER, F. (1812): Anleitung zur Geognosie, insbesondere zur Gebirgskunde. Nach Werner für die K. K. Bergakademie bearbeitet. – XII + 292 S.; Wien (Dengensche Buchdruckerey).

REITZ, E., ANDERLE, H.-J., & WINKELMANN, M. (1995): Ein erster Nachweis von Unterordovizium (Arenig) am Südrand des Rheinischen Schiefergebirges im Vordertaunus: Der Bierstadt-Phyllit (Bl. 5915 Wiesbaden). – Geol. Jb. Hessen, **123**: 25–38, 5 Abb., 2 Taf.; Wiesbaden.

RENKHOFF, O. (1980): Wiesbaden im Mittelalter. – VIII + 398 S., 8 Abb., 21 Taf., 1 Kt.; Wiesbaden (F. Steiner).

REUTER, [K.] (1884): Der Sinter von Wiesbaden. – Ann. Ver. f. Nass. Altertumskd. u. Geschichtsforsch., **18**: 21–27; Wiesbaden.

RICHTER, C. F. (1806): Neuestes Berg- und Hütten-Lexikon, oder alphabetische Erklärung aller bei dem Berg- und Hüttenwesen vorkommenden Arbeiten, Werkzeuge und Kunstwörter; aus den vorzüglichsten mineralogischen und hüttenmännischen Schriften gesammelt und aufgestellt. Zweyter Band. M bis Z (2. Aufl.). – 607 S.; Leipzig.

RITTER, G. H. (1800): Denkwürdigkeiten der Stadt Wiesbaden und der benachbarten Gegend in vorzüglicher Hinsicht ihrer sämtlichen Mineralquellen. Erster Theil. – 352 S., 3 Kupfertaf.; Mainz (Crass).

RULLMANN, G. C. W. (1823): Wiesbaden und seine Mineralquellen. – XIV + 288 S., 2 Kupfertaf.; Wiesbaden (L. Schellenberg).

SANDBERGER, F. (1847): Uebersicht der geologischen Verhältnisse des Herzogthums Nassau.- VIII + 144 S., 1 Kt.; Wiesbaden (C. W. Kreidel).

– (1850): Ueber die geognostische Zusammensetzung der Umgegend von Wiesbaden. – Jahrb. Ver. Naturkd. Hzgt. Nassau, **6**: 1–27, 2 Taf., 1 Kt.; Wiesbaden.

– (1851a): Geognostische Skizze des Taunus. – In: Die nassauischen Heilquellen Soden, Cronthal, Weilbach, Wiesbaden, Schlangenbad, Schwalbach und Ems. Beschrieben durch einen Verein von Aerzten, nebst geognostischer Skizze und Karte des Taunus, S. 1–31, Wiesbaden (C. W. Kreidel).

– (1851b): Helminthia echioides. – Jahrb. Ver. Naturkd. Hzgt. Nassau, **7**: 240; Wiesbaden.

– (1853): Untersuchungen über das Mainzer Tertiärbecken und dessen Stellung im geologischen Systeme.- VIII + 91 S., 1 Taf.; Wiesbaden (Kreidel u. Niedner).

SANDBERGER, G. (1857): Uebersicht der naturhistorischen Beschaffenheit des Herzogthums Nassau. – 148 S., 1 Abb., 7 Taf.; Wiesbaden (Chr. W. Kreidel'sche Buchhandlung).

– (1859): Zur Naturgeschichte der Umgegend von Wiesbaden. – In: Einladungsschrift z. öffentl. Prüfung d. Schüler d. Hzgl. Nass. Realgymnasiums zu Wiesbaden den 13. u. 14. April 1859, S. 1–23, 1 Abb.; Wiesbaden (C. Ritter).

– (1860): Versuch, das geologische Alter einer Therme, derjenigen von „Wiesbaden“, zu bestimmen. – Z. dt. geol. Ges., **12**: 567–572, 3 Abb.; Berlin.

– (1861): Wiesbaden und seine Thermen. Eine naturhistorische Schilderung. – VIII + 80 S., 6 Abb., 8 Taf.; Wiesbaden (L. Schellenberg'sche Hof-Buchhandlung).

SARTORIUS, O. (1877): Die Mineralquellen im Regierungsbezirk Wiesbaden. – Statist. Beschreibung Reg.-Bez. Wiesbaden, **IV**: 1–28, 10 Tab.; Wiesbaden.

SCHENCK, G. A. (1758): Geschicht=Beschreibung der Stadt Wißbaden, aus bewährten Schriften und zuverlässigen Nachrichten. – 16 Bl. + 490 S. + 3 Bl.; Franckfurt am Mayn (J. B. Andreä).

SCHERP, A., & STRÜBEL, G. (1974): Zur Barium-Strontium-Mineralisation. – Mineral. Deposita, **9**: 155–168, 4 Abb., 2 Tab.; Berlin.
SCHOPPA, H. (1951): Neue Beobachtungen zur römischen Besiedlung von Wiesbaden. – Nass. Heimatbl., **41** (1): 18–22, 2 Abb., Wiesbaden.
SCHREIER, A. N. (1993): Grundwasserdargebot und Grundwasserabflußverhalten im Taunushauptkamm bei Wiesbaden. – Diss. Fachbereich Geowiss. Univ. Mainz, 12 Bl. + 138 S., 23 Abb., 23 Tab., 10 Kt.; Mainz.
SCHÜLER, T. (1911): Wiesbaden vor 100 Jahren. – Wiesbadener Tagblatt, **59**, Morgen-Ausg., 1. Bl., Nr. 205 (3.5.1911): 3 + Morgen-Ausg., 1. Bl., Nr. 207 (4.5.1911): 2–3; Wiesbaden.
SCHÜTZE, C. (1907): Kochsalzquellen. – In: Deutsches Bäderbuch, S. 119–274; Leipzig (J. J. Weber).
SHIKAZONO, N. (1994): Precipitation mechanisms of barite in sulfate-sulfide deposits in back-arc basins. – Geochimica et Cosmochimica Acta, **58**: 2203–2213, 3 Abb., 2 Tab.; Oxford.
SILLITOE, R. H. (1985): Ore-Related Breccias in Volcanoplutonic Arcs. – Econ. Geol., **80**: 1467–1514, 24 Abb., 10 Tab.; Lancaster.
SOMMERMANN, A.-E., MEISL, S., & TODT, W. (1992): Zirkonalter von drei verschiedenen Metavulkaniten aus dem Südtaunus. – Geol. Jb. Hessen, **120**: 67–76, 6 Abb., 1 Tab.; Wiesbaden.
SPIELMANN, C., & KRAKE, J. (1912): Die Entwickelung des Weichbilds der Stadt Wiesbaden seit dem Ende des 18. Jahrhunderts. – 18 S., 12 Kt.; Frankfurt a. M. (C. Ruppert).
STENGEL-RUTKOWSKI, W. (1967): Einige neue Vorkommen von Natrium-Chlorid-Wasser im östlichen Rheinischen Schiefergebirge. – Notizbl. hess. L.-Amt Bodenforsch., **95**: 190–212, 6 Abb.; Wiesbaden.
STIFFT, C. E. (1831): Geognostische Beschreibung des Herzogthums Nassau, in besonderer Beziehung auf die Mineralquellen dieses Landes. – XII + 606 S., 1 Tab., 1 Kt.; Wiesbaden (L. Schellenberg).
STRÜBEL, G. (1967): Zur Kenntnis und genetischen Bedeutung des Systems $BaSO_4$ – $NaCl$ – $H_2O$. – N. Jb. Min. Mh., **1967**: 223–234, 3 Abb., 5 Tab.; Stuttgart.
THEOBALD, G., & RÖSSLER, C. (1851) [mit Beitr. von LUDWIG, R. und SANDBERGER, F.]: Uebersicht der wichtigsten geognostischen und oryctognostischen Vorkommnisse der Wetterau und der zunächst angrenzenden Gegenden. – Jahresber. Wetterauer Ges. f. d. ges. Naturkd., **1850/51**: 75–195; Hanau.
THOMÄ, C. (1843): Physikalische und geognostische Bemerkungen über die warmen Quellen zu Wiesbaden. – Medicin. Jahrb. Hzgt. Nassau, **1** (2): 206–247, 1 Kt.; Wiesbaden.
VOGLER, J. K. W. (1848): Die Quellen zu Wiesbaden. – XVI + 375 S.; Wiesbaden (C. W. Kreidel).
WENCKENBACH, F. (1879): Übersicht über die in Nassau aufgefundenen einfachen Mineralien. – Jahrb. nass. Ver. Naturkd., **31/32**: 147–219; Wiesbaden.
WINTER, E. (1880): Die Thermalquellen Wiesbadens in technischer Beziehung. – Sep.-Abdruck aus Festschr. Wanderversammlung Verb. Dt. Architekten u. Ingenieure in Wiesbaden vom 19.–23. 9. 1880, 50 S., 3 Tab., 1 Kt.; München (T. Ackermann).
ZIMMERMANN, E. (1926): Das Vorkommen und die Unschädlichmachung des im Grubenwasser der linksrheinischen Zechen auftretenden Bariumsulfats. – Glückauf, **62**: 270–274, 1 Abb.; Essen.
– (1935): Das Niederrheingebiet. – In: Preuß. Geol. Landesanst. (Hrsg.), Handbuch der vergleichenden Stratigraphie Deutschlands. Zechstein. – S. 361–399, 6 Abb.; Berlin (Gebr. Borntraeger).

ZIMMERMANN, J. P. (1826): Wiesbaden mit seinen Umgebungen. - VIII + 211 S.; Wiesbaden (H. W. Ritter'sche Buchhandlung).

ZÜCKERT, J. F. (1776): Systematische Beschreibung aller Gesundbrunnen und Bäder Deutschlands (2. Aufl.). - 8 Bl. + 752 S. + 4 Bl.; Königsberg (Kantersche Buchhandlung).

## 6.3. Nachtrag

Nach Fertigstellung des Satzes erschienen zwei Publikationen, die für die vorliegende Arbeit Bedeutung haben, im Text aber nicht mehr berücksichtigt werden konnten:

ROSENBERG, F., & MITTELBACH, G. (1996): Geogene Arsenanreicherungen im Wiesbadener Bergkirchenviertel.- Geol. Jb. Hessen, **124**: 175–189, 4 Abb., 7 Tab.; Wiesbaden.

ROSENBERG & MITTELBACH (1996) untersuchten die mit arsenhaltigen Eisenoxidhydraten imprägnierten quartären Sedimente im NW der „Quellenlinie“ und nehmen fossile Thermalwässer als As-Spender an.

MAY, F., HOERNES, S., & NEUGEBAUER, H. J. (1996): Genesis and distribution of mineral waters as a consequence of recent lithospheric dynamics: the Rhenish Massif, Central Europe.- Geol. Rdsch., **85**: 782–799, 16 Abb., 1 Tab.; Berlin – Heidelberg.

Von MAY et al. (1996) durchgeführte numerische Transport-Simulationen scheinen nahezulegen, die Herkunft der Wiesbadener Thermalwässer nicht im Oberrheingraben, sondern im kristallinen Basement des Rheinischen Schiefergebirges zu suchen („basement brines“).

Nach mdl. Mitt. von Herrn BOOS bezieht sich die in Kap. 2 erwähnte Temperaturangabe für die Pariser-Hof-Quelle (> 70° C) durch Dr. TANGERMANN wohl auf einen monatelangen Pumpversuch, bei dem wahrscheinlich Thermalwasser vom Kochbrunnen und der Salmquelle abgezogen worden ist. Die normale Temperatur dieser Quelle beträgt 50–55° C.

Wiesbaden, 29. 6. 1997

Anschrift des Autors:
DR. THOMAS KIRNBAUER
Leberberg 6
65193 Wiesbaden

Manuskript eingegangen am 31. 8. 1996